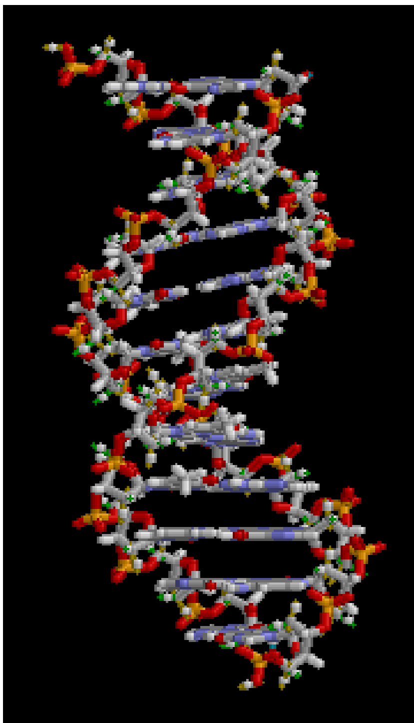
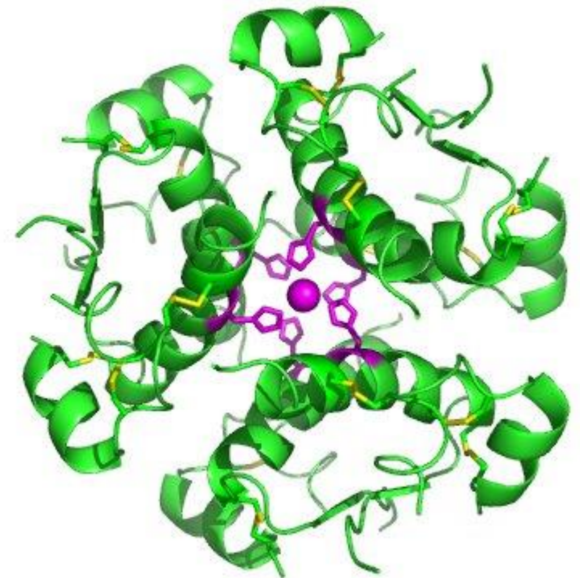
BIOMOLECULAS





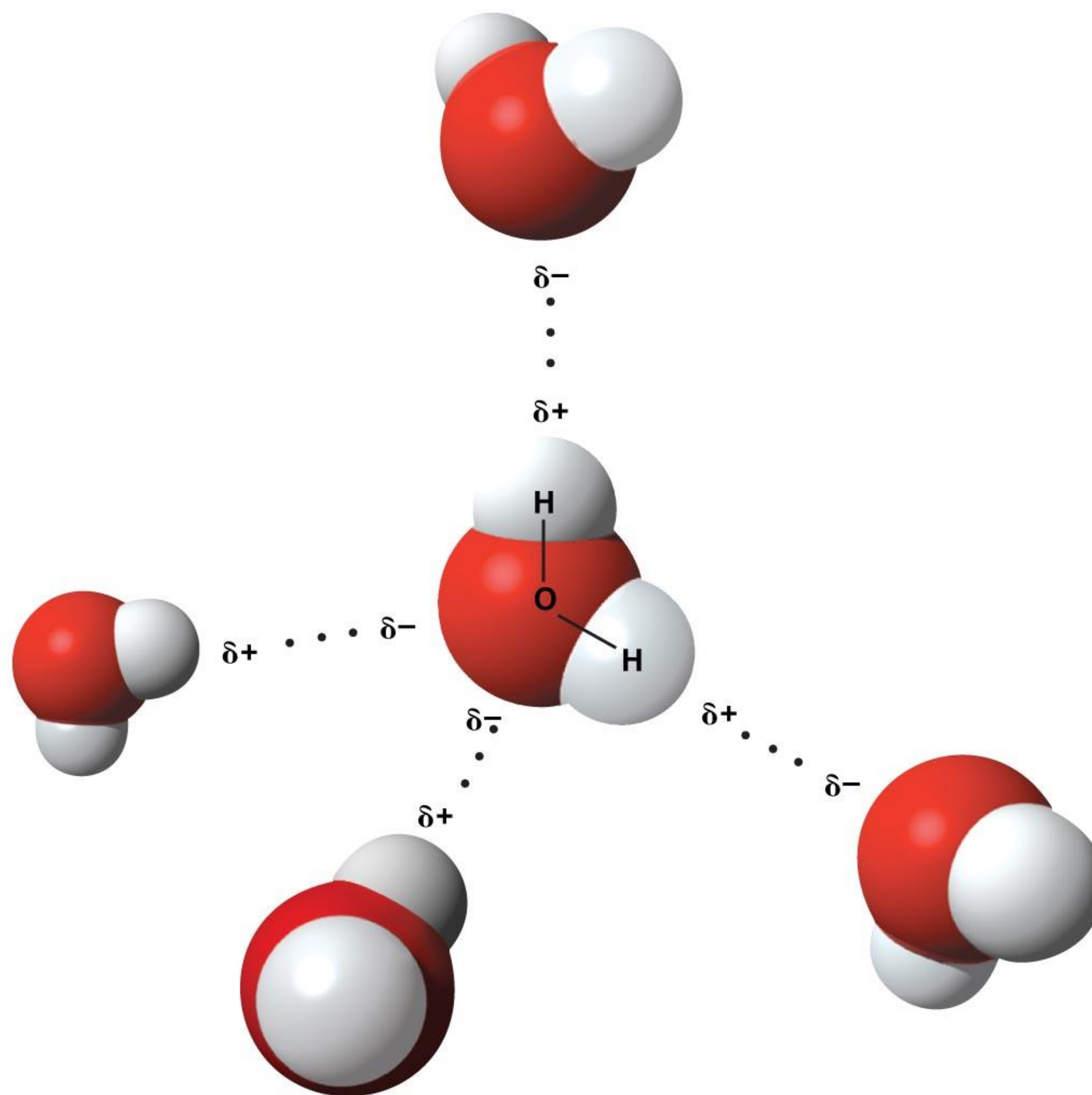


El Agua: La Molécula que Sustenta Toda la Vida

- El **agua** es el **solvente** biológico en la Tierra
- Todos los organismos vivos requieren **agua** más que ninguna otra substancia
- La mayoría de las células están rodeadas por **agua**, y ellas mismas tienen una composición de agua del **70-95%** de su *peso fresco*
- La abundancia de **agua** es la principál razón de que la Tierra sea habitable

La *polaridad* de las moléculas de *agua* resulta en la formación de enlaces *puentes de hidrógeno*

- El **agua** es una molécula **polar**: extremos opuestos poseen densidad de carga eléctrica opuesta
- La **polaridad** de las moléculas de **agua** les permite formar uniónes **puentes de hidrógeno** entre ellas y con otras moléculas polares


δ−
δ+
H
O
H
δ+
δ−
δ−
δ+
δ+
δ−

- Propiedades del **agua** que facilitan un ambiente apto para la vida:

    Cohesión

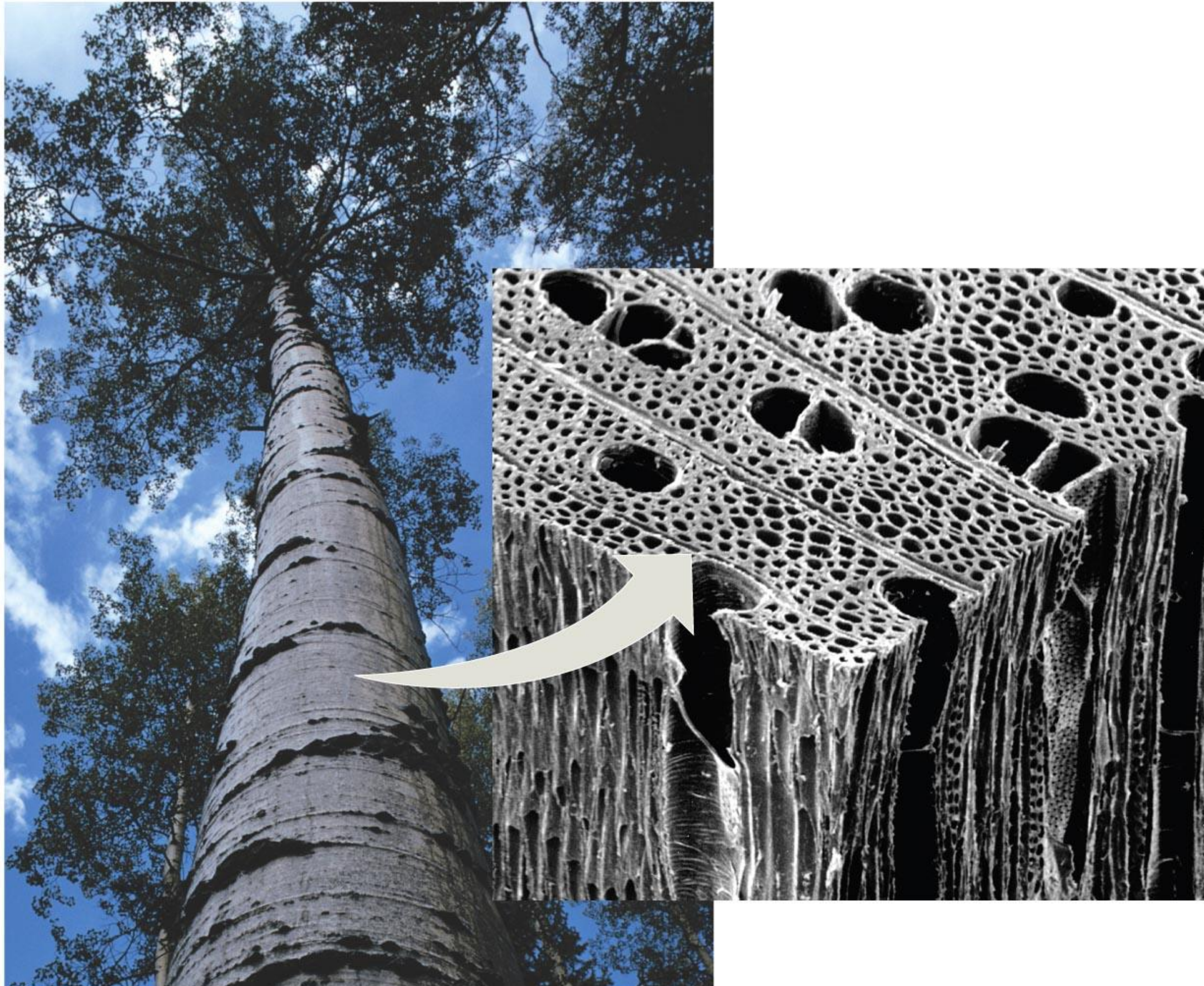
    Capacidad de **moderar la temperatura**

    Expansión al congelarse

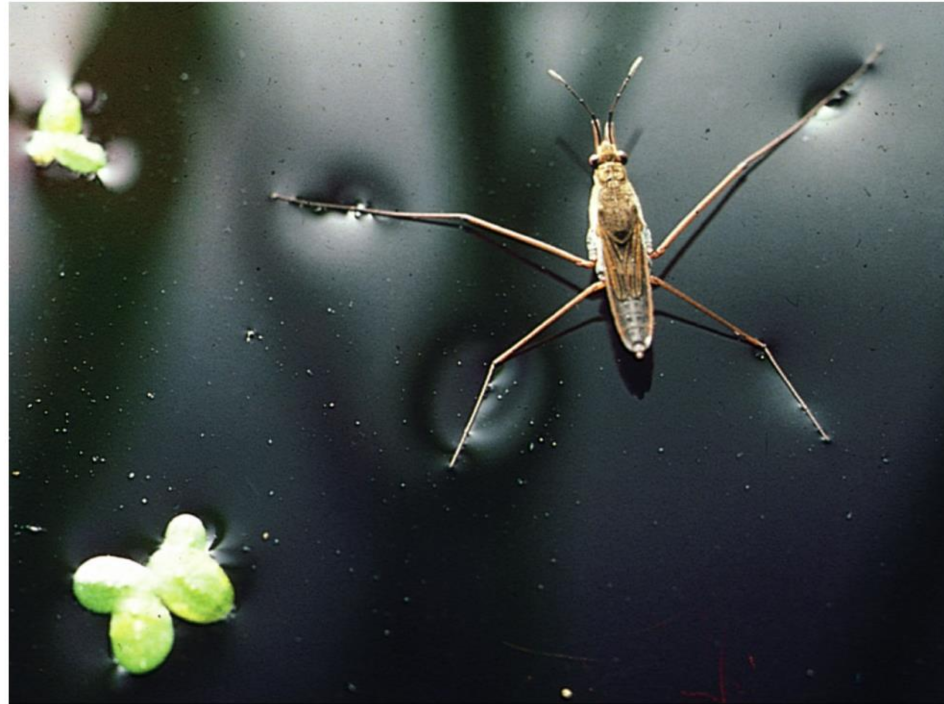
    Versatilidad como **solvente**

Cohesión

- Colectivamente, las uniónes **P de H** mantienen a las moléculas de **agua** juntas, fenómeno denominado **cohesión**
- La **cohesión** ayuda al transporte de agua contra la gravedad en las **plantas**
- La **adhesión** de las moléculas de **agua** (por **P de H**) a las paredes celulares del tejido de conducción de agua (**xilema**) de las plantas, también ayuda a contrarrestar la gravedad



- La **tensión superficiál** es una medida de cuán dificil es romper la superficie de un líquido
- La **tensión superficiál** está relacionada con la **cohesión**



Moderación de la Temperatura

- El **agua** absorve **calor** del aire caliente y entrega **calor** almacenado al aire más frío
- El **agua** puede **absorver** o **liberar** grandes cantidades de **calor** variando levemente su propia **temperatura**

Calor y Temperatura

- La **energía cinética** es la energía de **movimiento**
- El **Calor** es una medida de la cantidad *total* de **energía cinética** debida al **movimiento molecular**
- La **Temperatura** es una medida de la *intensidad* del **Calor** debida a la energía cinética *promedio* de las moléculas

El Agua posee elevado Calor Específico

- El **calor específico** de una substancia es la **cantidad de calor** que debe ser **absorbida** o **perdida** por **1 g** de esa substancia para **cambiar** su **temperatura** en **1ºC**

- El elevado **calor específico** del **agua** *minimiza las fluctuaciones de temperatura* manteniendo estas dentro de límites compatibles con la vida

  – El **agua** *absorve calor* cuando se *rompen* uniones **P de H**

  – El **agua** *libera calor* cuando se *forman* **P de H**

Enfriamiento por Evaporación

- La **vaporización** es una *transición de fases,* desde la **fase líquida** a la **fase gaseosa**

- El **calor de vaporización** es la **cantidad de calor** que una substancia debe **absorver** de para que **1 g** de la misma pase de la **fase líquida** a la **fase gaseosa**

- **Vaporización:**

- **Ebullición** (todo el liq.**,** = > temp. ebull.)

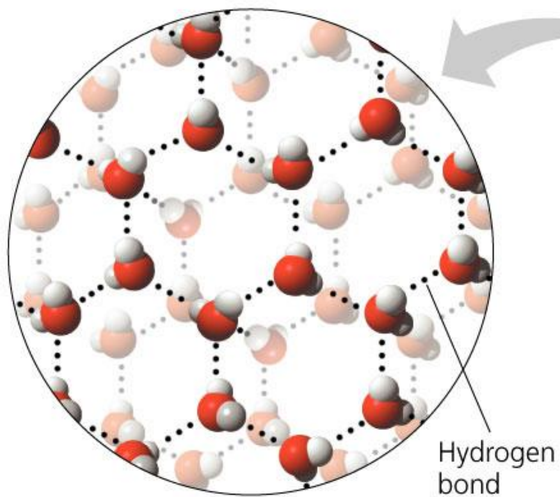
- **Evaporación** (sup. del líq., temp. < ebull.). ~*Transpiración*

Enfriamiento por evaporación

- A medida que un líquido se **evapora**, la *superficie* restante del mismo se **enfria**, fenómeno denominado **enfriamiento por evaporación**
- El **enfriamiento por evaporación** del **agua** ayuda a **estabilizar la temperatura** en los *organismos* y en los *cuerpos de agua*

Aislación de los Cuerpos de Agua por el Hielo Flotante

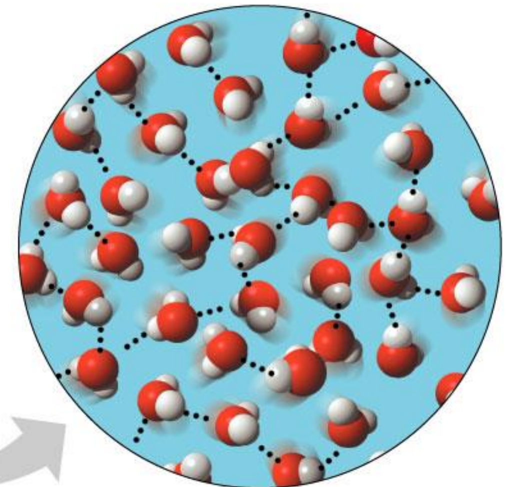
- El **hielo** flota en agua líquida debido a que es menos denso. Esto se debe a que las uniónes **P de H** en el **agua sólida** son **más ordenadas**
- Si el hielo se hundiera los cuerpos de agua se congelarían completamente en determinados ambientes, haciendo la vida imposible



Ice

Hydrogen bonds are stable





Liquid water

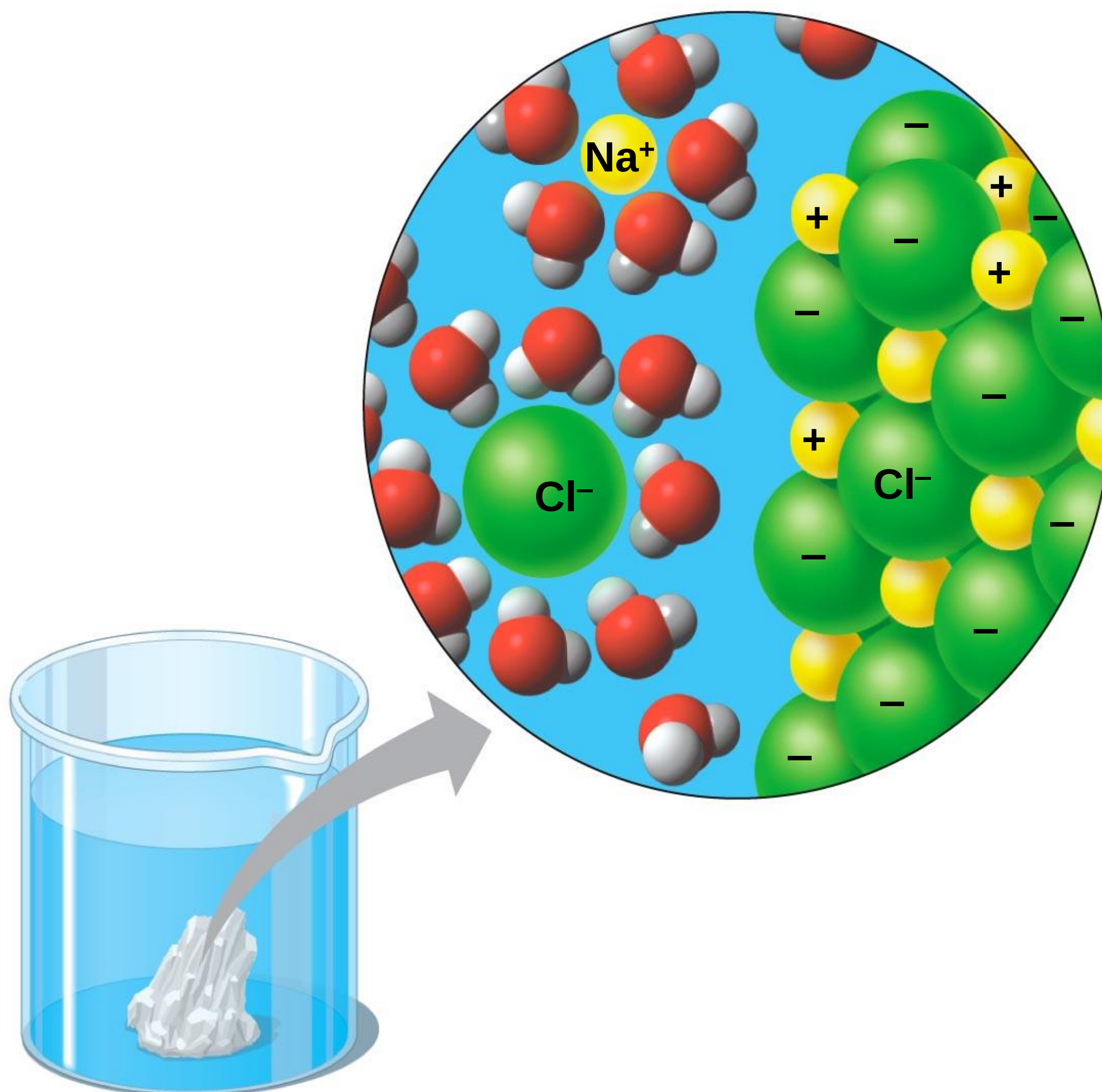
Hydrogen bonds
constantly break and re-form

El Solvente de la Vida

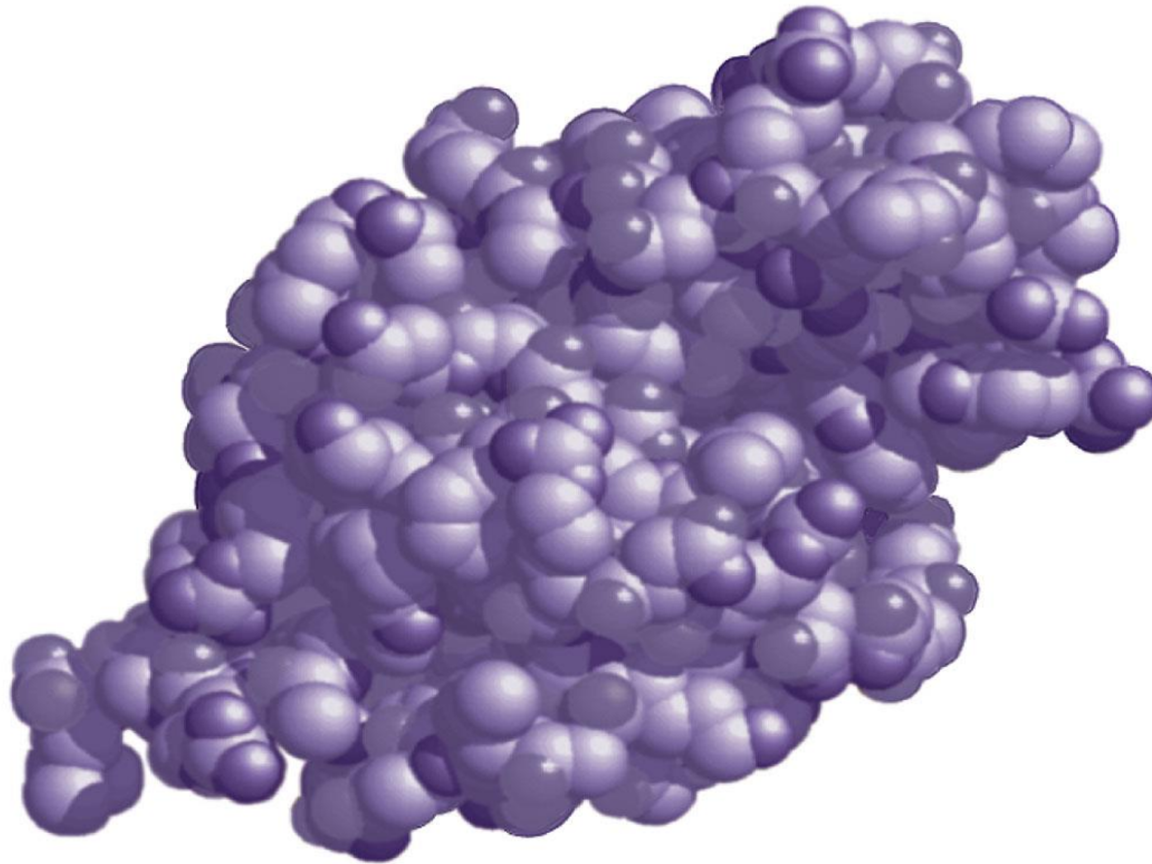
- El **agua** es un **solvente** versatil debido a su **polaridad**

- Esto se debe a su capacidad de formar uniónes **P de H** con otras **substancias polares**

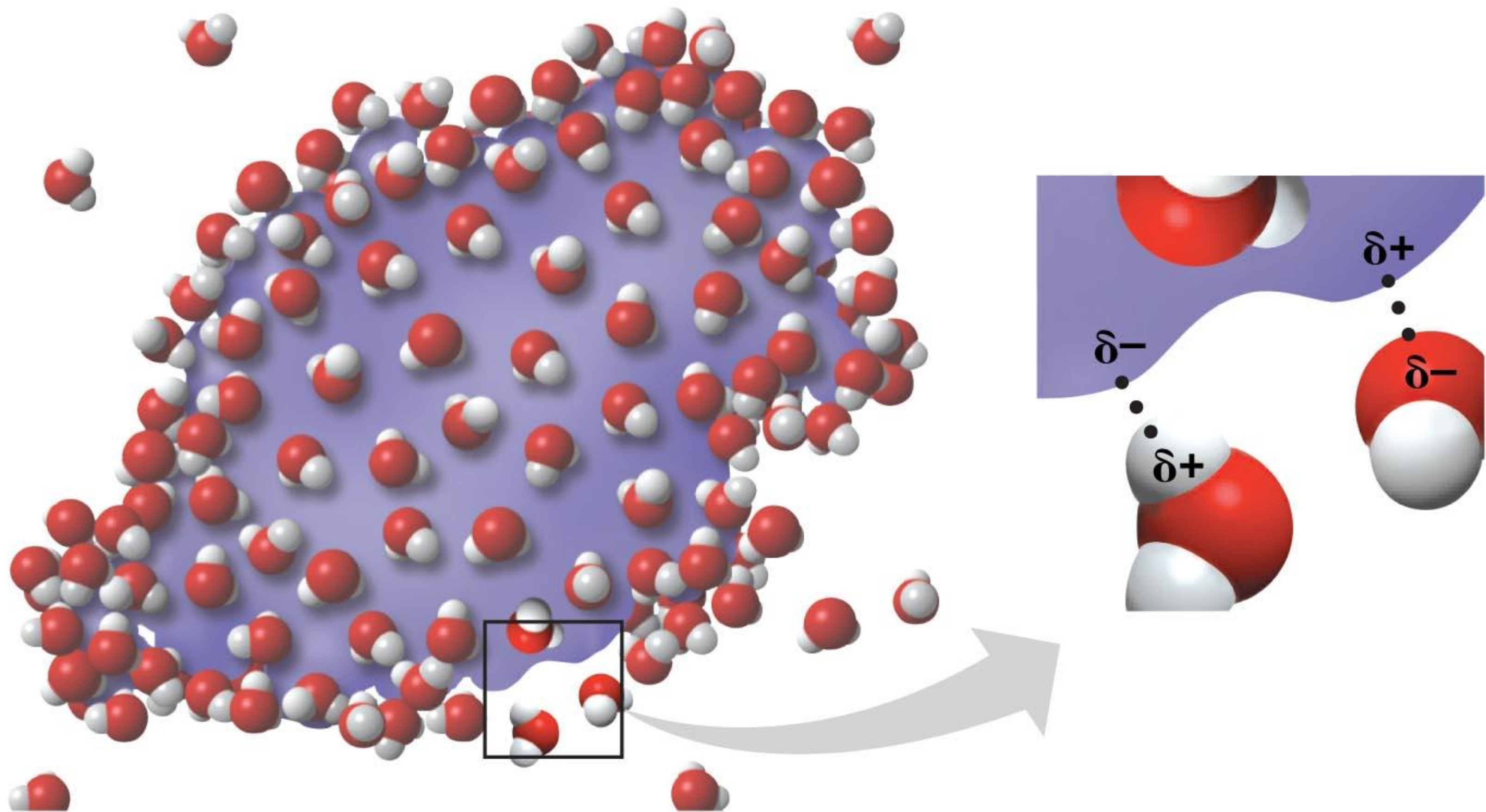
- Cuando un **compuesto iónico** se disuelve en **agua** cada **ión** se rodea de una esfera de moléculas de agua, denominada **capa de hidratación**


Na+
Cl–
Cl–
Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

- El **agua** también puede **disolver** compuestos **polares** no iónicos
- Aún **macromoléculas**, como por ej. **proteínas**, pueden disolverse en agua, si poseen regiones iónicas y polares



(a) Lysozyme molecule in a nonaqueous environment.



(b) – (c) Lysozyme molecule in a aqueous environment.

Compuestos Hidrofílicos e Hidrofóbicos

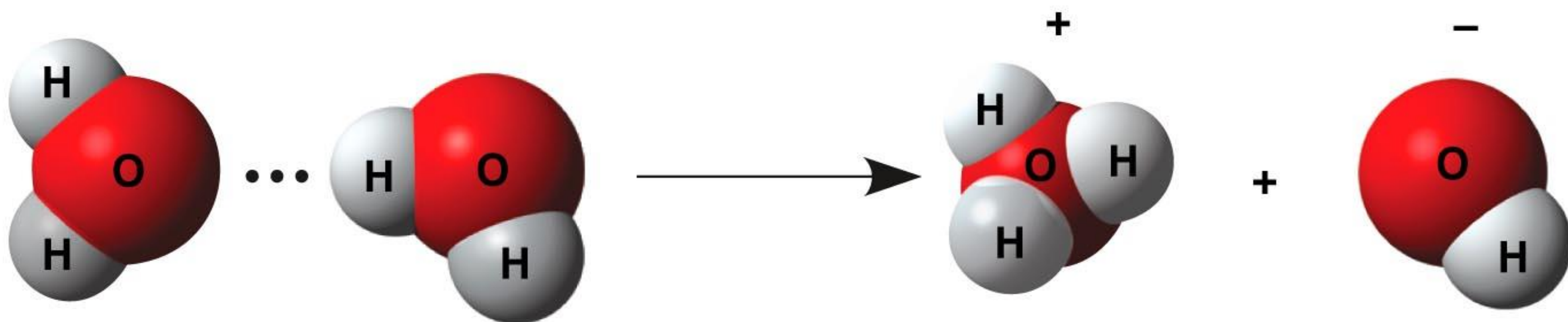
- Un compuesto hidrofílico es aquél que tiene afinidad por el agua. Compuestos iónicos y polares
- Un compuesto hidrofóbico es aquél que no tiene afinidad por el agua. Compuestos no polares

Concentración de Solutos en Soluciones Acuosas

- La mayor parte de las reacciones bioquímicas ocurren en medio acuoso
- Las reacciones químicas dependen de las colisiones entre las moléculas y por lo tanto de la concentración de solutos en una solución acuosa

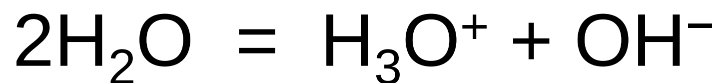
La disociación del *agua* produce condiciones de *acidéz* o *alcalinidad* que afectan a los organismos vivos

- Un **átomo de H** en un enlace **P de H** entre dos moléculas de $\mathbf{H_2O}$ puede cambiar su posición de una molécula a la otra:
  - El **H** deja su $\mathbf{e^-}$ y es transferido como **protón** o **ión** (catión) **hidrógeno** ($\mathbf{H^+}$)
  - La molécula con el $\mathbf{H^+}$ extra es ahora un **ión** (catión) **hidronio** ($\mathbf{H_3O^+}$)
  - La molécula que perdió el $\mathbf{H^+}$ es ahora un **ión** (anión) **hidroxilo** u **oxhidrilo**($\mathbf{OH^-}$)


H
H
O
H
O
H
+
H
O
H
H
+
–
O
H

- El proceso puede ser descripto en una forma más simple, como la disociación de una molécula de H_2O en H^+ y OH^- :



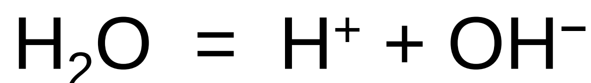


- Aunque estadísticamente rara, la disociación de moléculas de H_2O tiene un efecto significativo sobre los organismos

- Cambios en las concentraciones de H^+ y OH^- pueden afectar la química de las células

Cambios en las concentraciones de H^+ y OH^-

- Las concentraciones de H^+ y OH^- son iguales en H_2O pura:



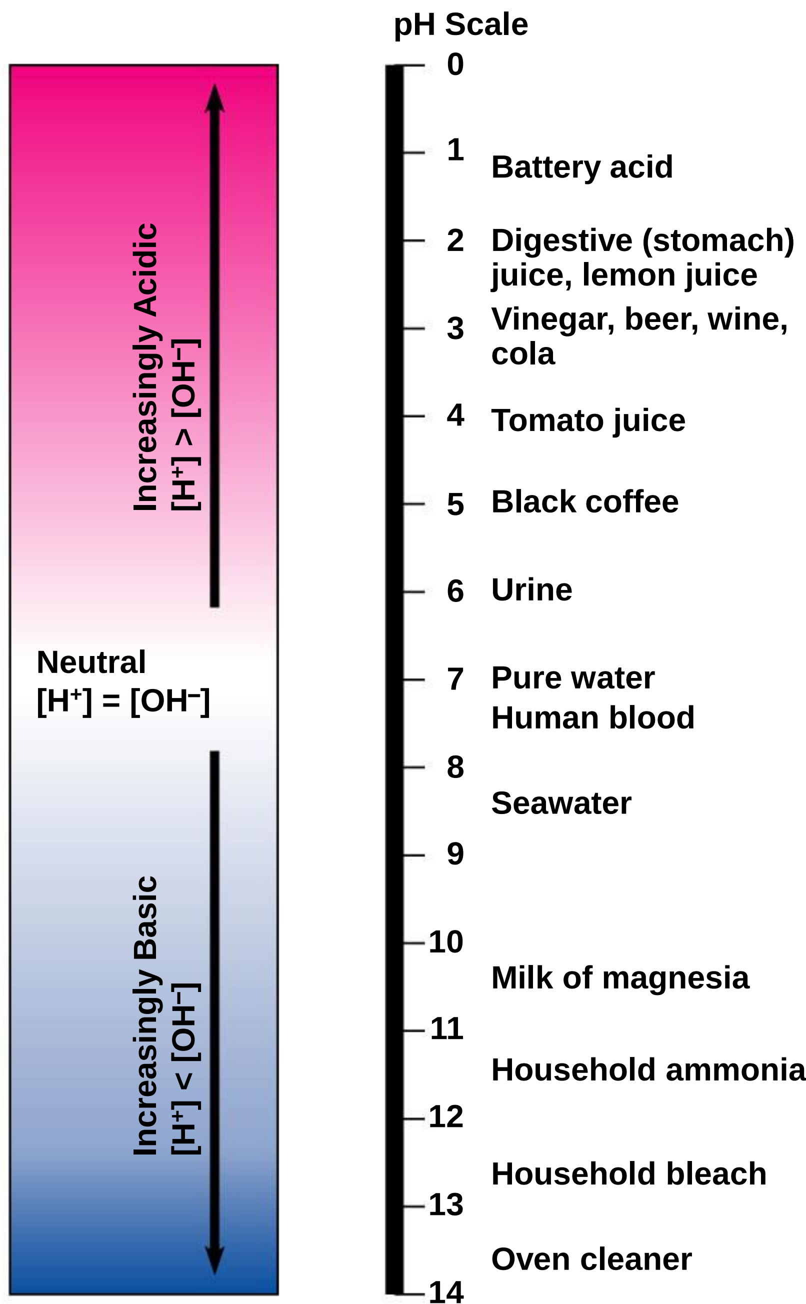
- El agregado de ciertos solutos, denominados ácidos y bases, modifica las concentraciones de H^+ y OH^-

Acidos y Bases

- Un ácido es una substancia que incrementa la $[H^+]$ (en realidad $[H_3O^+]$) de una solución acuosa (*sensu* Arrhenius)
- Una base es una substancia que reduce la concentración de H^+ de una solución acuosa

La Escala de pH

- El **pH** de una solución está determinado por la **$[H^+]$** (en realidad **$[H_3O^+]$**)
- **pH= –log $[H^+]$**
- Soluciones **ácidas** tienen valores de **pH<7**
- Soluciones **básicas** tienen valores de **pH>7**
- La mayoría de los fluidos biológicos tienen valores de **pH** en el rango **6-8**


pH Scale
0
1 Battery acid
2 Digestive (stomach) juice, lemon juice
3 Vinegar, beer, wine, cola
4 Tomato juice
5 Black coffee
6 Urine
7 Pure water
Human blood
8 Seawater
9
10 Milk of magnesia
11 Household ammonia
12 Household bleach
13 Oven cleaner
14
Increasingly Acidic
[H+] > [OH−]
Neutral
[H+] = [OH−]
Increasingly Basic
[H+] < [OH−]
Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Buffers

- El pH interno de la mayoría de las células vivas debe permanecer cercano a 7
- Los **buffers** son **soluciones acuosas** que consisten en un **par ácido-base** y tienen la propiedad de **minimizar los cambios de pH** frente a la adición de cantidades relativamente pequeñas de *ácidos o bases fuertes*

Table 2.1 Naturally Occurring Elements in the Human Body

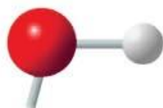
Symbol	Element	Atomic Number (See p. 34)	Percentage of Human Body Weight
O	Oxygen	8	65.0
C	Carbon	6	18.5
H	Hydrogen	1	9.5
N	Nitrogen	7	3.3
Ca	Calcium	20	1.5
P	Phosphorus	15	1.0
K	Potassium	19	0.4
S	Sulfur	16	0.3
Na	Sodium	11	0.2
Cl	Chlorine	17	0.2
Mg	Magnesium	12	0.1

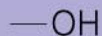
Trace elements (less than 0.01%): boron (B), chromium (Cr), cobalt (Co), copper (Cu), fluorine (F), iodine (I), iron (Fe), manganese (Mn), molybdenum (Mo), selenium (Se), silicon (Si), tin (Sn), vanadium (V), and zinc (Zn).

- Los 6 **grupos funcionales** más importantes en la química de la vida:
  - **Hidroxilo**
  - **Carbonilo**
  - **Carboxilo**
  - **Amino**
  - **Sulfidrilo**
  - **Fosfato**

HYDROXYL

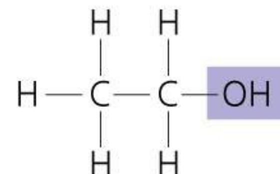
STRUCTURE





(may be written HO—)

EXAMPLE



Ethanol, the alcohol present in alcoholic beverages

NAME OF COMPOUNDS

Alcohols (their specific names usually end in *-ol*)

FUNCTIONAL PROPERTIES

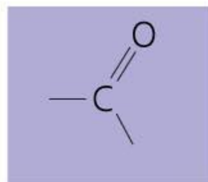
- Is polar as a result of the electronegative oxygen atom drawing electrons toward itself.
- Attracts water molecules, helping dissolve organic compounds such as sugars

CARBONYL

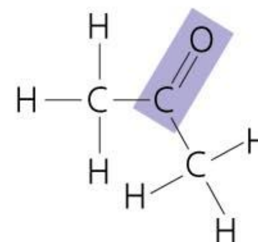
Acetone, the simplest ketone

STRUCTURE

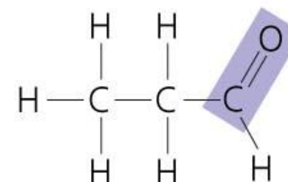




EXAMPLE



Acetone, the simplest ketone



Propanal, an aldehyde

NAME OF COMPOUNDS

Ketones if the carbonyl group is within a carbon skeleton

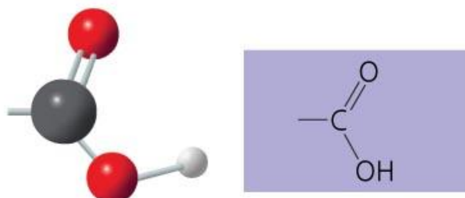
Aldehydes if the carbonyl group is at the end of the carbon skeleton

FUNCTIONAL PROPERTIES

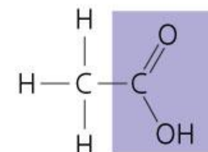
- **A ketone and an aldehyde may be structural isomers with different properties, as is the case for acetone and propanal.**

CARBOXYL

STRUCTURE



EXAMPLE



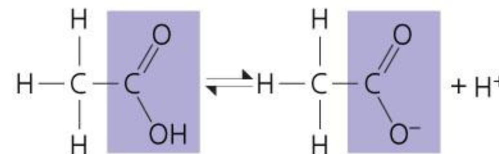
Acetic acid, which gives vinegar its sour taste

NAME OF COMPOUNDS

Carboxylic acids, or organic acids

FUNCTIONAL PROPERTIES

- **Has acidic properties because it is a source of hydrogen ions.**
- **The covalent bond between oxygen and hydrogen is so polar that hydrogen ions (H^+) tend to dissociate reversibly; for example,**



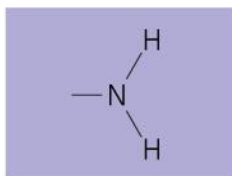
Acetic acid **Acetate ion**

- **In cells, found in the ionic form, which is called a carboxylate group.**

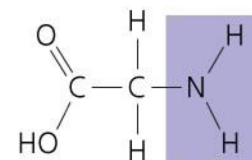
AMINO

STRUCTURE





EXAMPLE



Glycine

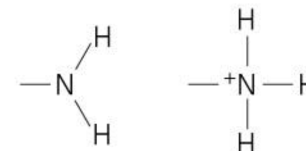
Because it also has a carboxyl group, glycine is both an amine and a carboxylic acid; compounds with both groups are called amino acids.

NAME OF COMPOUNDS

Amine

FUNCTIONAL PROPERTIES

- **Acts as a base; can pick up a proton from the surrounding solution:**

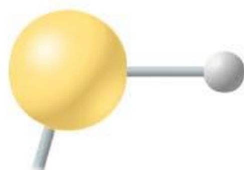


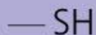
(nonionized) (ionized)

- **Ionized, with a charge of 1+, under cellular conditions**

SULFHYDRYL

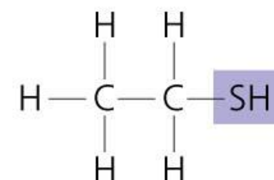
STRUCTURE





(may be written HS—)

EXAMPLE



Ethanethiol

NAME OF COMPOUNDS

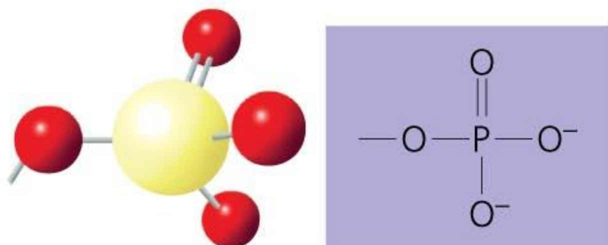
Thiols

FUNCTIONAL PROPERTIES

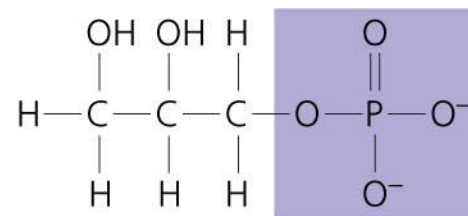
- Two sulfhydryl groups can interact to help stabilize protein structure

PHOSPHATE

STRUCTURE



EXAMPLE



Glycerol phosphate

NAME OF COMPOUNDS

Organic phosphates

FUNCTIONAL PROPERTIES

- Makes the molecule of which it is a part an anion (negatively charged ion).
- Can transfer energy between organic molecules.

Macromoléculas:

estructura y función

- Dentro de las células moléculas orgánicas pequeñas se unen para formar macromoléculas
- Las macromoleculas están formadas por miles de átomos unidos por enlaces covalentes

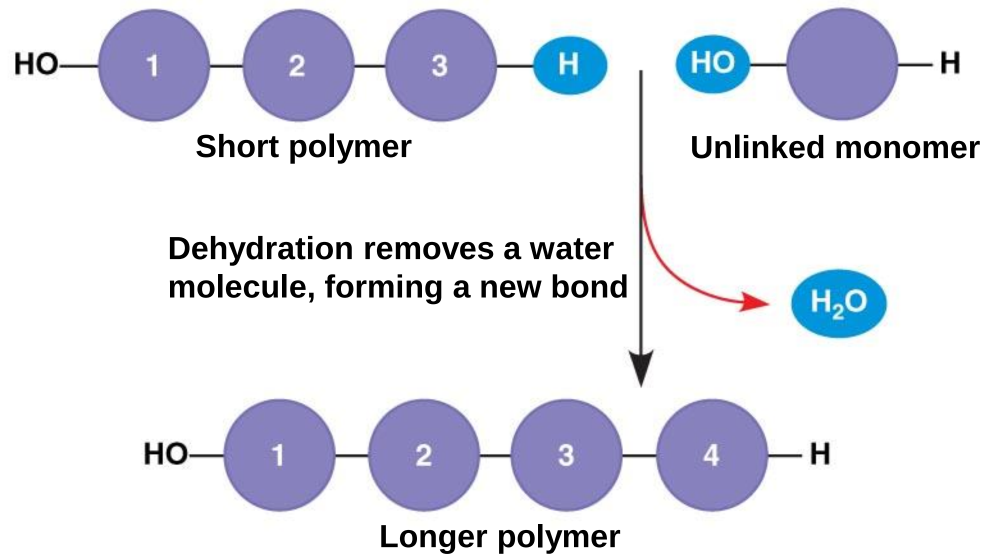
La mayoría de las macromoléculas son polímeros construidos a partir de monómeros

- Un polímero es una molécula larga constituida por muchas unidades similares denominadas monómeros
- Tres de las cuatro clases de moléculas orgánicas de la vida son polímeros:
  - Carbohidratos
  - Proteinas
  - Acidos Nucleicos

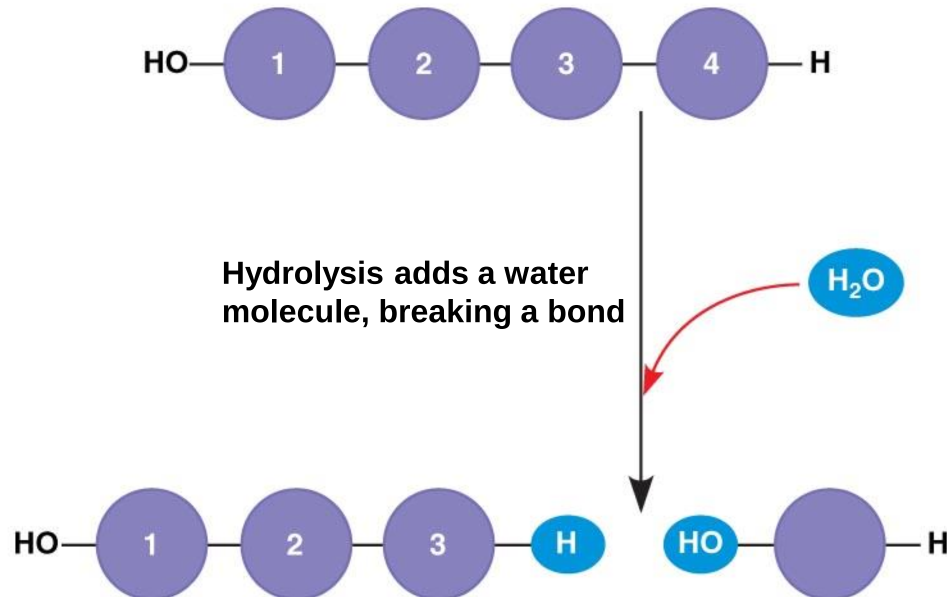
Síntesis y ruptura de polímeros

- Los monómeros forman moléculas más grandes por medio de reacciones de condensación, denominadas reacciones de deshidratación
- Los polímeros son desensamblados a monómeros por medio de hidrólisis, una reacción que es escencialmente la inversa de una reacción de deshidratación

LE 5-2



(a) Dehydration reaction in the synthesis of a polymer



(b) Hydrolysis of a polymer

Diversidad de polímeros

- Cada célula posee miles de macromoléculas diferentes
- La composición de macromoléculas varía entre células de un mismo organismo, varía más entre organismos de la misma especie, y varía aún más entre especies distintas
- Una variedad inmensa de polímeros puede formarse a partir de un pequeño grupo de monómeros

Los *carbohidratos* sirven como combustible y como materiál de construcción

- Los ***carbohidratos*** incluyen a los monosacáridos y a sus polímeros
- Los carbohidratos más sencillos son los ***monosacáridos*** o azúcares simples
- Los carbohidratos macromoleculares son los ***polisacáridos***, polímeros formados por muchos monosacáridos

Monosacáridos

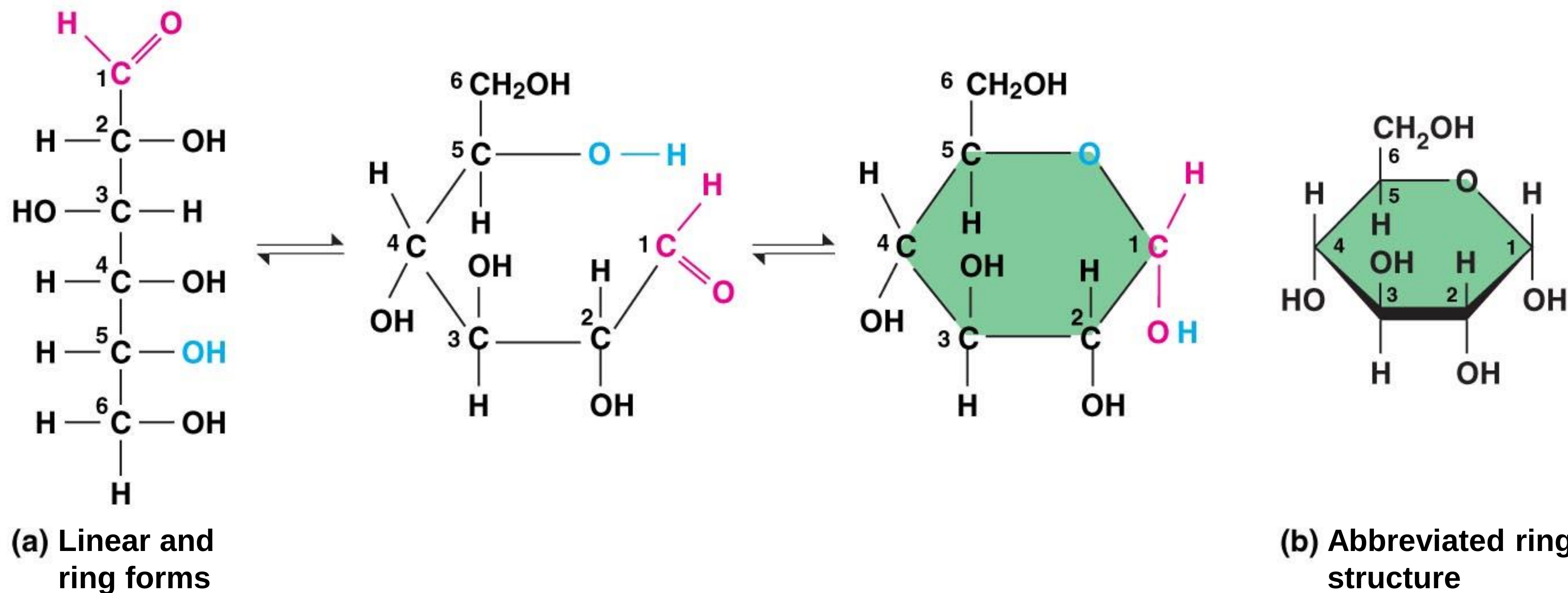
- Los monosacáridos poseen formulas moleculares que son normalmente múltiplos de CH_2O
- La ***glucosa*** es el monosacárido más común
- Los monosacáridos son clasificados según la ubicación del grupo ***carbonilo*** (aldehido o cetona) y el ***número de* C** en el esqueleto carbonado

LE 5-3

	Triose sugars ($C_3H_6O_3$)	Pentose sugars ($C_5H_{10}O_5$)	Hexose sugars ($C_5H_{12}O_6$)	
Aldoses	H–C=O H—C—OH H—C—OH H **Glyceraldehyde**	H–C=O H—C—OH H—C—OH H—C—OH H—C—OH H **Ribose**	H–C=O H—C—OH HO—C—H H—C—OH H—C—OH H—C—OH H **Glucose**	H–C=O H—C—OH HO—C—H HO—C—H H—C—OH H—C—OH H **Galactose**
Ketoses	H H—C—OH C=O H—C—OH H **Dihydroxyacetone**	H H—C—OH C=O H—C—OH H—C—OH H—C—OH H **Ribulose**	H H—C—OH C=O HO—C—H H—C—OH H—C—OH H—C—OH H **Fructose**	

- Los monosacáridos son el combustible principal de las células y son materia prima para la síntesis de otras moléculas
- Aunque habitualmente son representados en forma lineál, en realidad en solución acuosa forman anillos

LE 5-4



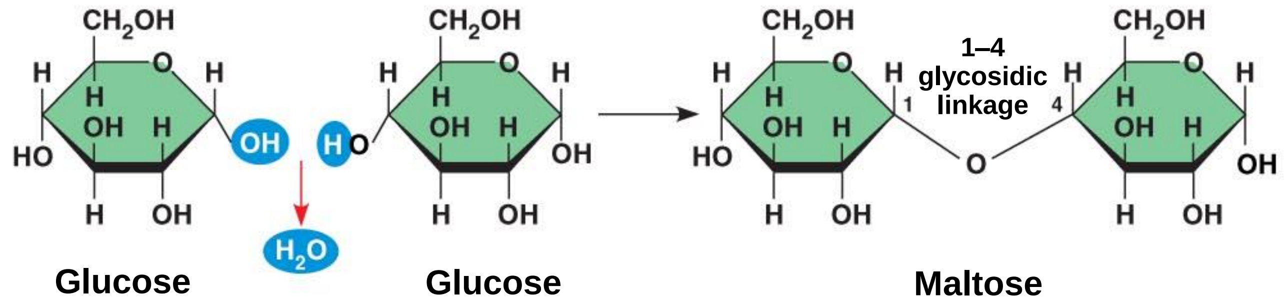
(a) Linear and ring forms

(b) Abbreviated ring structure

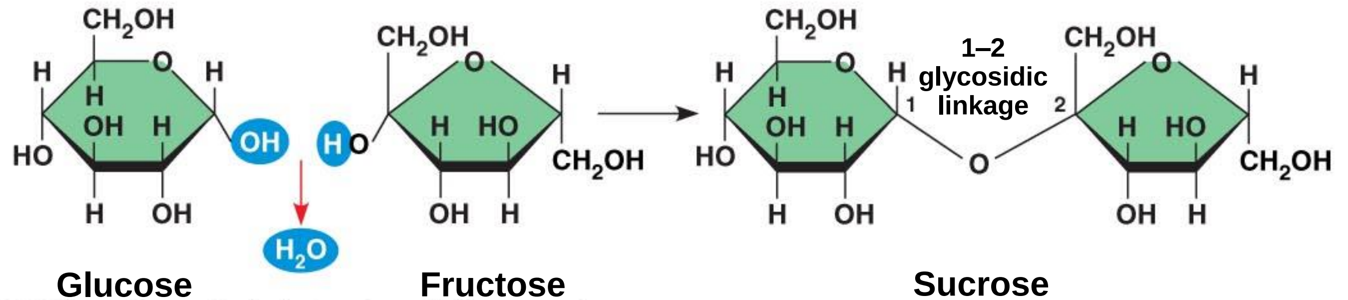
- Un disacárido se forma cuando una reacción de deshidratación une a dos monosacáridos
- La unión covalente resultante se denomina unión glicosídica

LE 5-5

(a) Dehydration reaction in the synthesis of maltose



(b) Dehydration reaction in the synthesis of sucrose



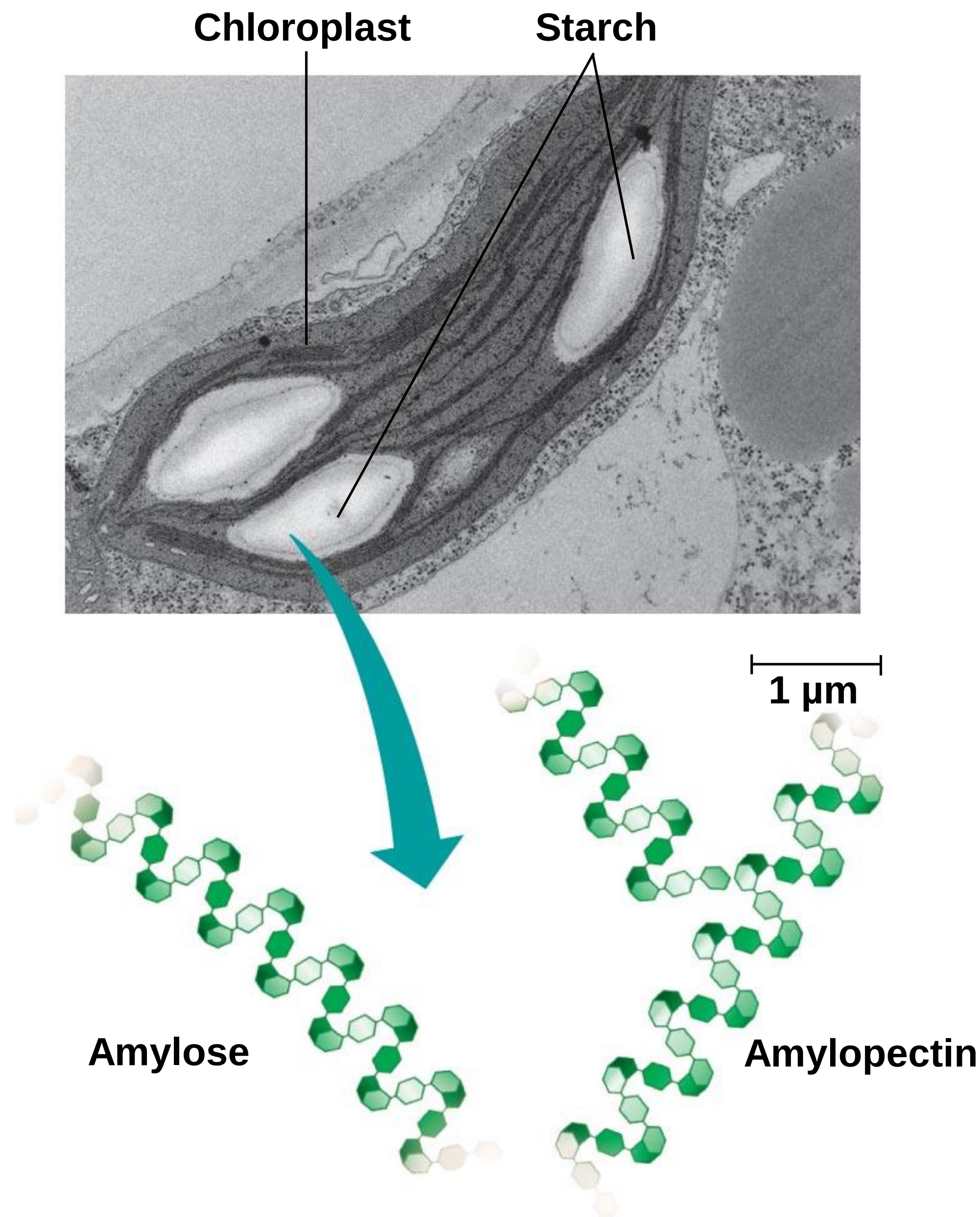
Polisacáridos

- Los ***polisacáridos***, polimeros de monosacaridos, poseen roles **estructurales** y de **almacenamiento**
- La estructura y función de un polisacárido esta determinada por sus monómeros constituyentes y por la posición de sus enlaces glicosídicos

Polisacáridos de almacenamiento o reserva

- El almidón, un polisacárido de almacenamiento de las plantas, esta formado exclusivamente por monómeros de glucosa
- Las plantas almacenan el exceso de almidón como gránulos dentro de cloroplastos y otros plástidos

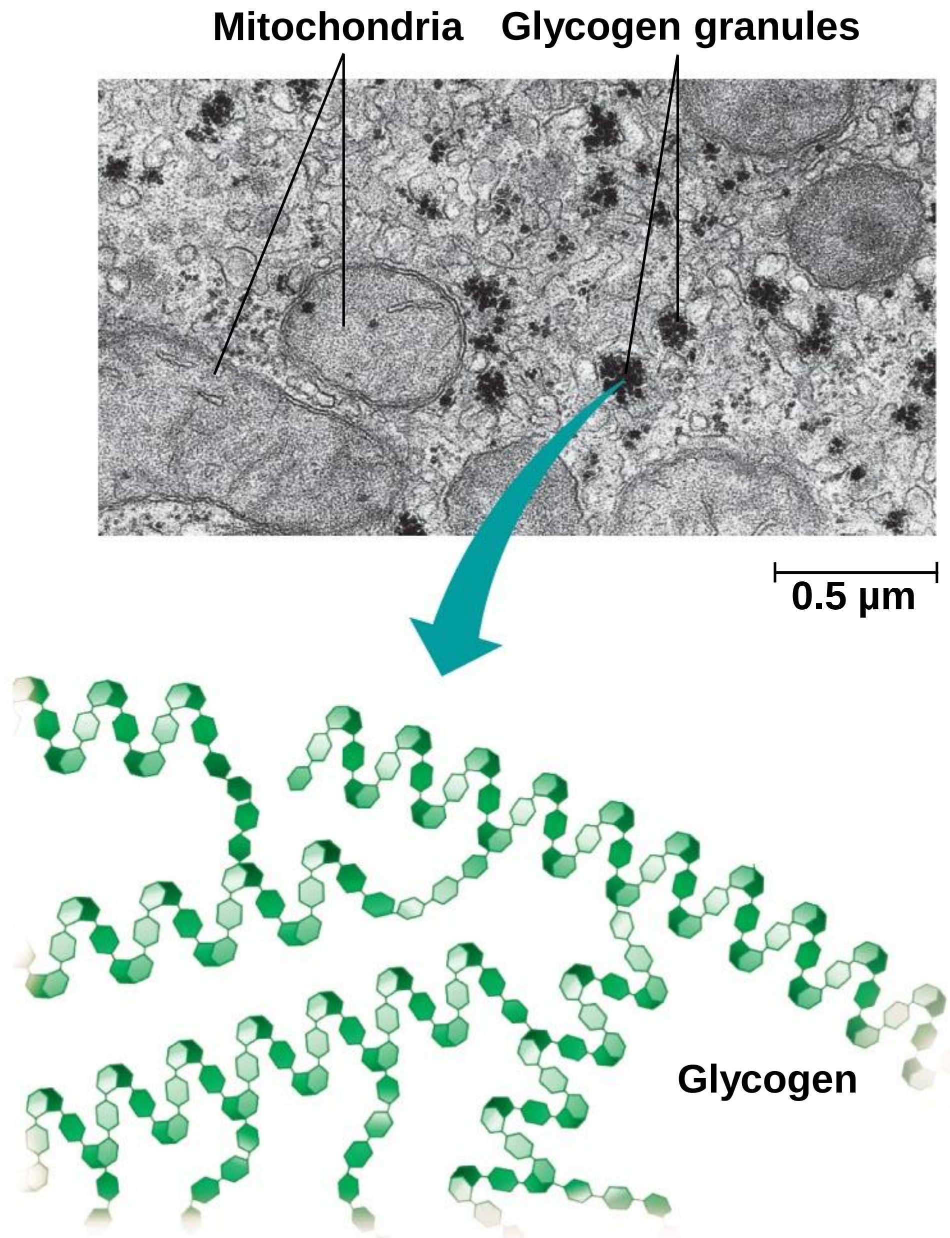
LE 5-6a



(a) Starch: a plant polysaccharide

- El glucógeno es el polisacárido de reserva de los animales (y de los hongos)
- Los seres humanos y otros vertebrados almacenan glucógeno, como gránulos, principalmente en las células hepáticas y musculares

LE 5-6b

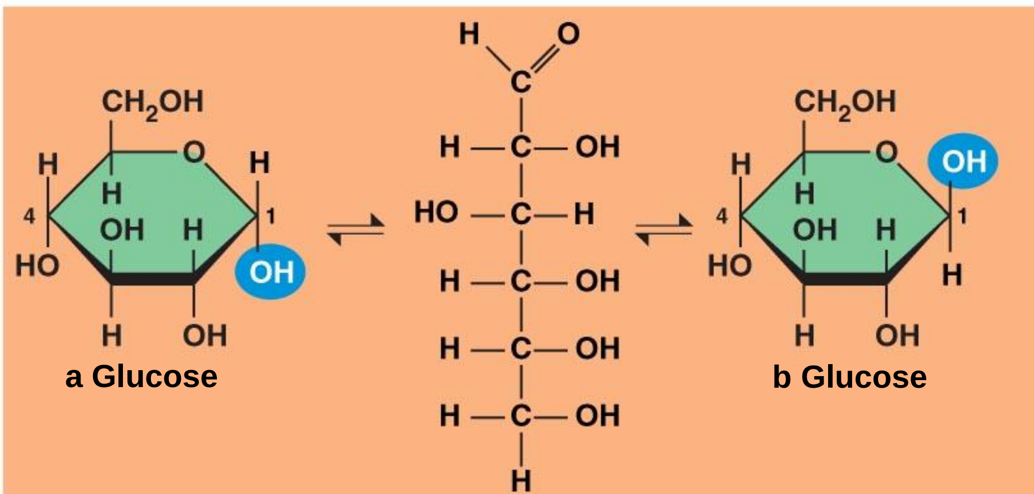


(b) Glycogen: an animal polysaccharide

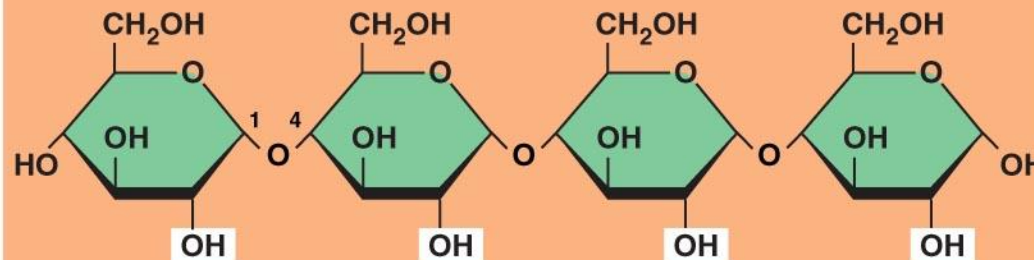
Polisacáridos estructurales

- La ***celulosa*** es el componente principal de la pared celular de las plantas
- En forma similar al almidón, la ***celulosa*** es un plímero de glucosa, pero con **diferentes uniones glicosídicas**
- La diferencia esta basada en dos formas distintas del anillo de la glucosa: alfa (α) y beta (β)

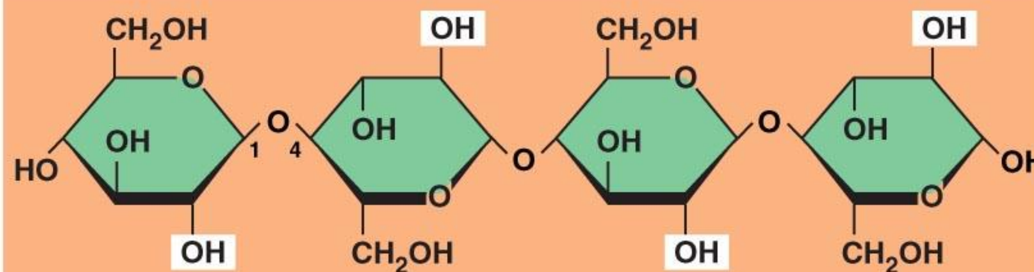
LE 5-7



(a) a and b glucose ring structures



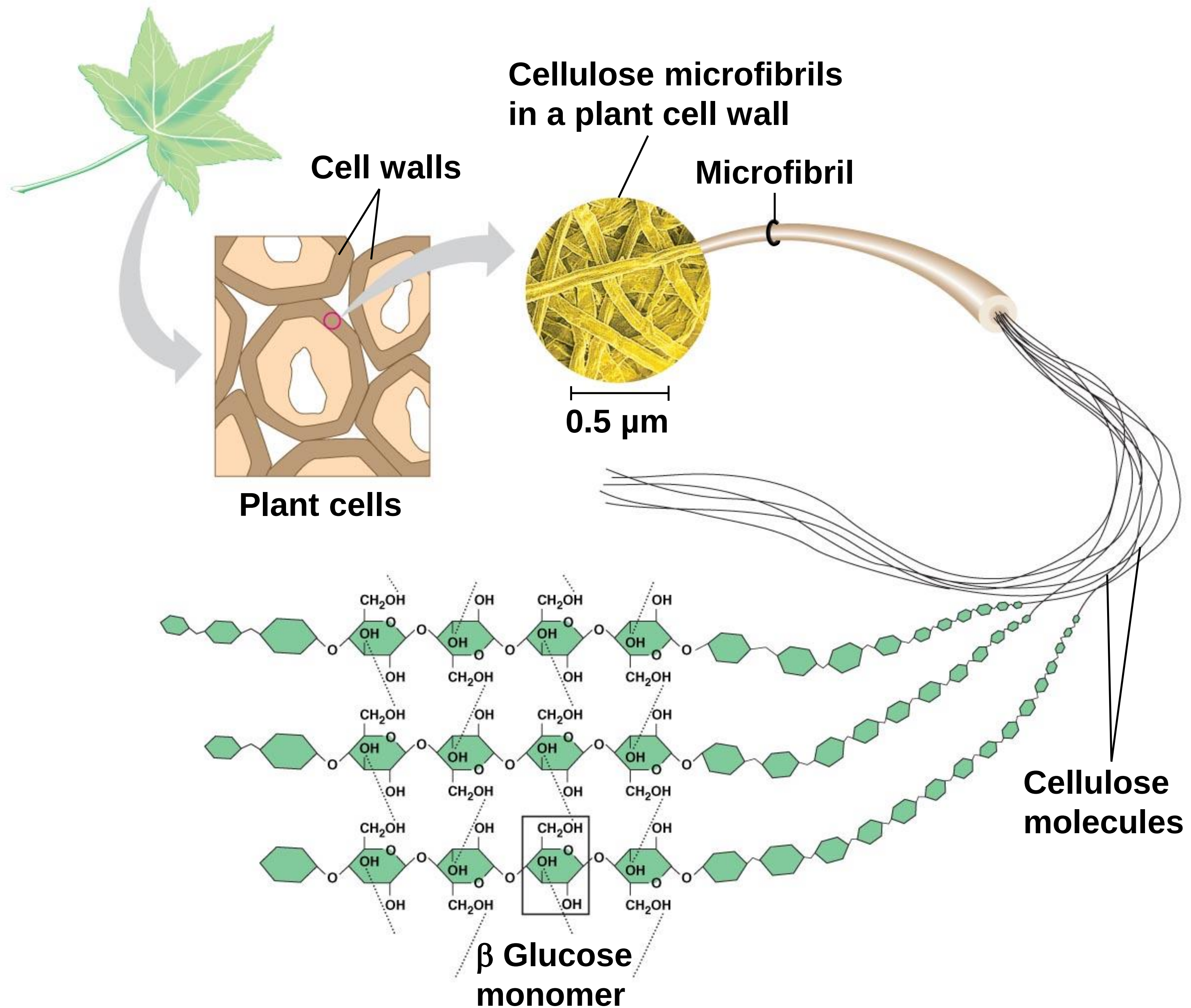
(b) Starch: 1–4 linkage of a glucose monomers.



(c) Cellulose: 1–4 linkage of b glucose monomers.

- Polímeros con **alfa glucosa** son **helicoidales**
- Polímeros con **beta glucosa** son **rectos**
- En las estructuras rectas, los átomos de H en una cadena pueden unirse con grupos OH de otra cadena (puentes de H)
- Moléculas de celulosa paralelas, mantenidas juntas de esta manera, se agrupan en microfibrillas

LE 5-8



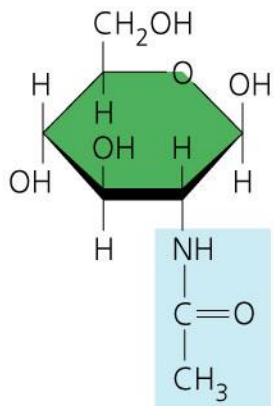
Cellulose microfibrils in a plant cell wall
Cell walls
Microfibril
0.5 µm
Plant cells
Cellulose molecules
β Glucose monomer

- Las enzimas que digieren almidón, por hidrólisis de uniones alfa, no pueden hidrolizar las uniones beta de la celulosa (y vice versa)
- La celulosa en la comida humana pasa a través del tracto digestivo como fibra insoluble
- Algunos microorganismos (algunas bacterias y hongos) poseen enzimas que digieren celulosa
- Muchos animales hebívoros, desde vacas a termitas, establecen relaciones simbióticas mutualistas con algunos de estos microbios





- La ***quitina***, es otro polisacárido estructural, que forma el exoesqueleto de los artrópodos
- La ***quitina*** también brinda soporte estructural a la pared celular de los hongos
- La ***quitina*** puede utilizarse como hilo quirúrgico



(a) The structure of chitin.



(b) Chitin forms the exoskeleton of arthropods. This cicada is molting, shedding its old exoskeleton and emerging in adult form.



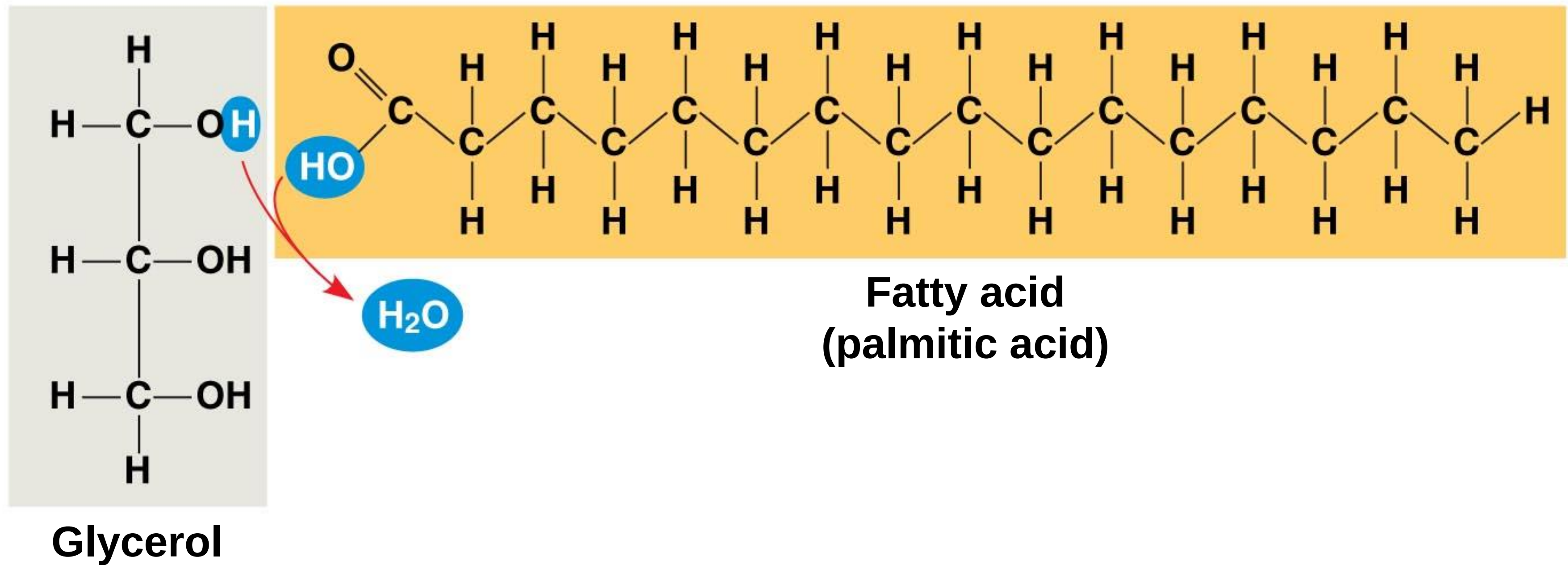
(c) Chitin is used to make a strong and flexible surgical thread that decomposes after the wound or incision heals.

Los *lipidos* son un grupo diverso de moléculas hidrofóbicas

- Los ***lípidos*** son la clase de moléculas biológicas que no forman polimeros
- La característica unificadora de los ***lípidos*** es que poseen poca o ninguna afinidad por el agua
- Los ***lípidos*** son **hidrofóbicos** porque están constituidos fundamentalmente por cadenas hidrocarbonadas formadas por uniones covalentes no polares
- Los ***lípidos*** biológicamente más importantes son los ***acilglicéridos***, ***fosfolípidos*** y ***esteroides***

Acilglicéridos

- Los ***acilglicéridos*** están formados por dos tipos de moléculas más pequeñas: **glicerol** y **ácidos grasos,** unidos por uniones **ester**
- El ***glicerol*** es un alcohol de **3 C**, con un grupo **OH** unido a cada uno de ellos
- Un ***ácido graso*** consiste en un grupo **carboxilo** (COOH) unido a una larga cadena hidrocarbonada (usualmente 16-18 C)

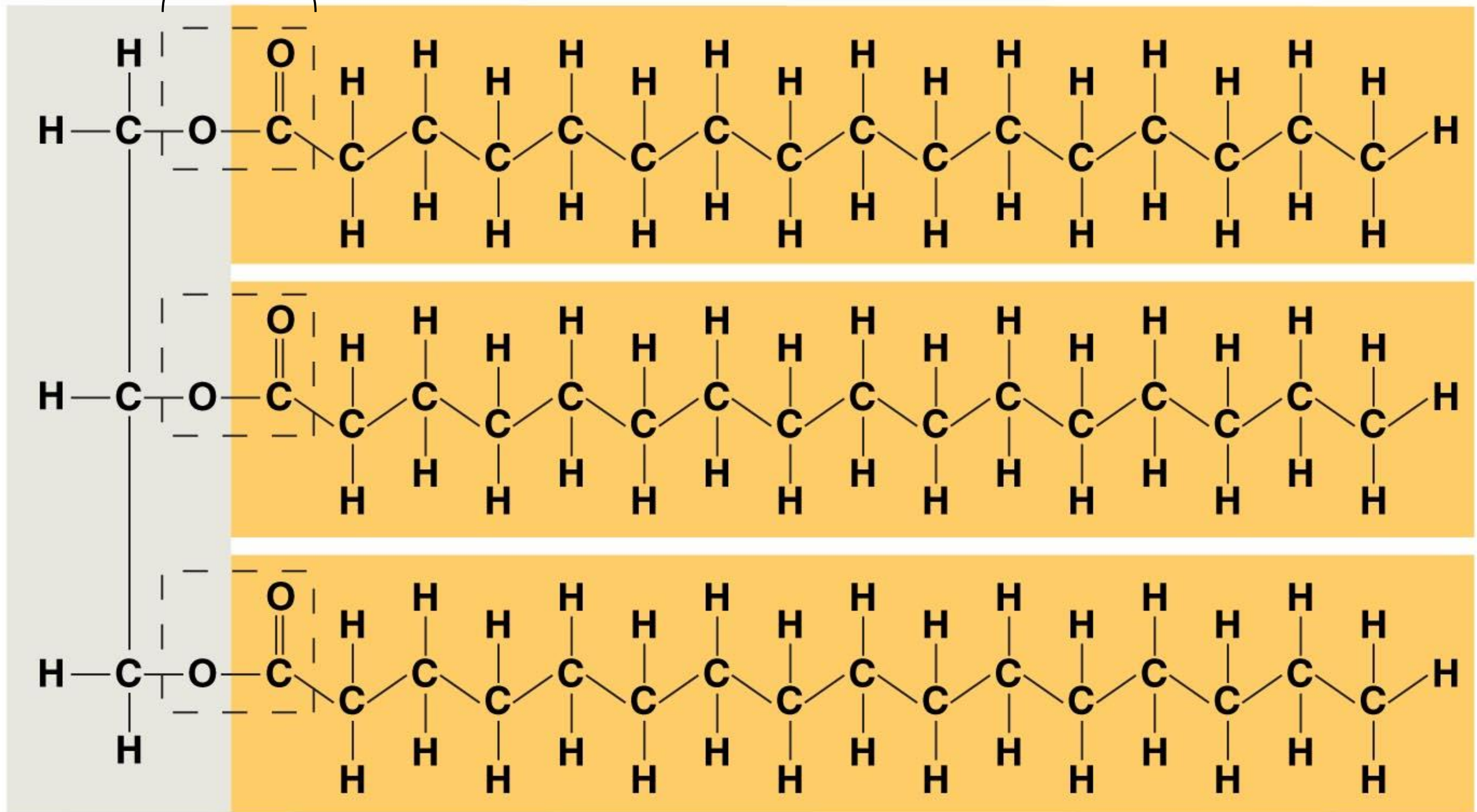


(a) Dehydration reaction in the synthesis of a fat

- Los ***acilglicéridos*** se separan del **agua** debido a que las moléculas de agua forman **puentes de hidrógeno** entre si, excluyendo a los acilglicéridos
- En un ***acilglicérido***, **tres acidos grasos** se unen al **glicerol** por uniones **ester**, formando un **triacilglicerol** o **triglicérido**

LE 5-11b

Ester linkage

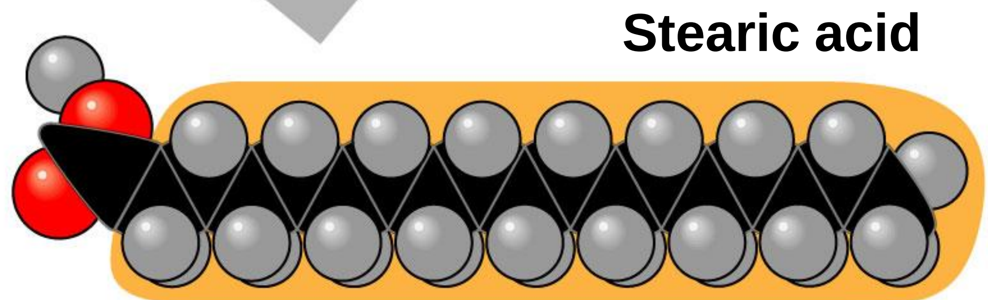


(b) **Fat molecule (triacylglycerol)**

- Los **ácidos grasos** varian en longitud (número de C) y en el número y localización de **dobles enlaces**
- Los **ácidos grasos <u>saturados</u>** poseen el **máximo número** de átomos de **H** posible (**no** poseen **dobles enlaces**)
- Los **ácidos grasos <u>insaturados</u> poseen** uno o más **dobles enlaces**
- La función principal de los ***acilglicéridos*** es el **almacenamiento de energía**

- Los ***acilglicéridos*** formados por **acidos grasos saturados** se denominan ***acilglicéridos saturados*** **o *“*grasas saturadas”**
- La mayoría de los acilglicéridos de origen animal son saturados
- Los ***acilglicéridos saturados*** son **sólidos** a temperatura ambiente (**grasas**)

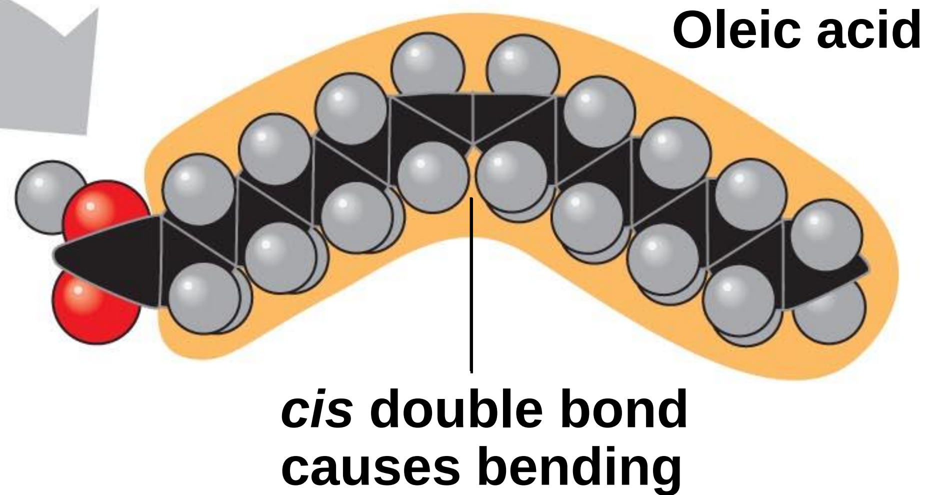




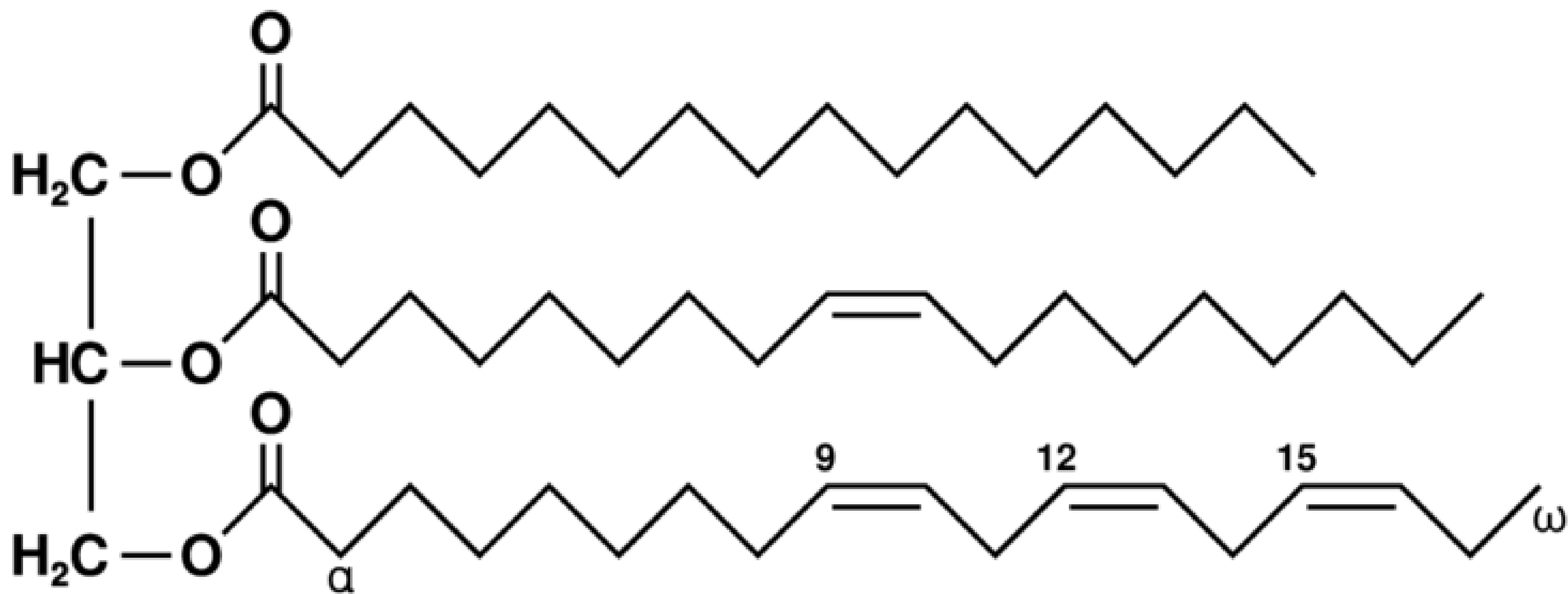
(a) Saturated fat and fatty acid.

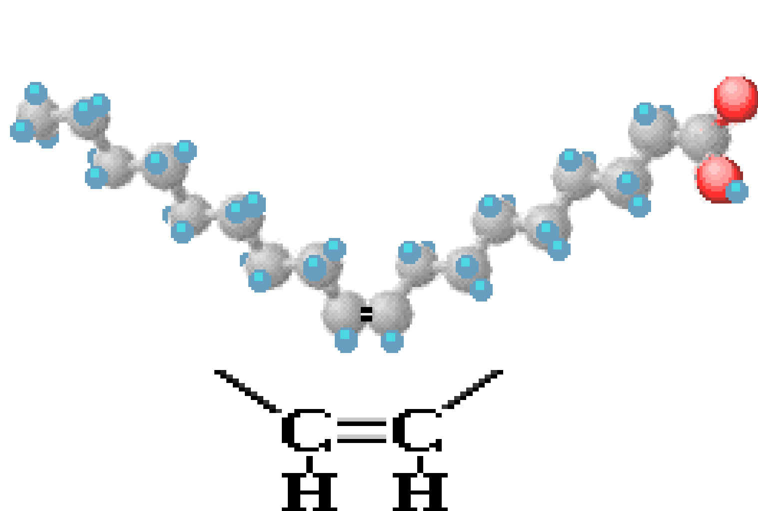
- Los ***acilglicéridos*** formados por **ácidos grasos insaturados** se denominan **acilglicéridos insaturados** o “**grasas insaturadas**”
- Los ***acilglicéridos*** de plantas y de pescado usualmente son insaturados
- Los ***acilglicéridos*** de plantas y de pescado son líquidos a temperatura ambiente (**aceites**)

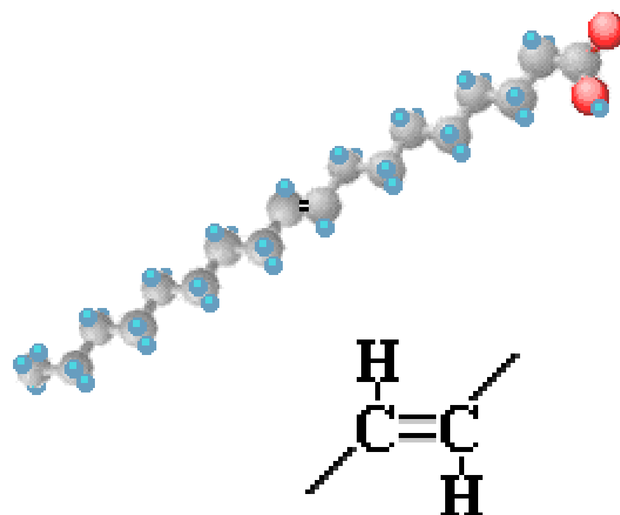




(b) Unsaturated fat and fatty acid.

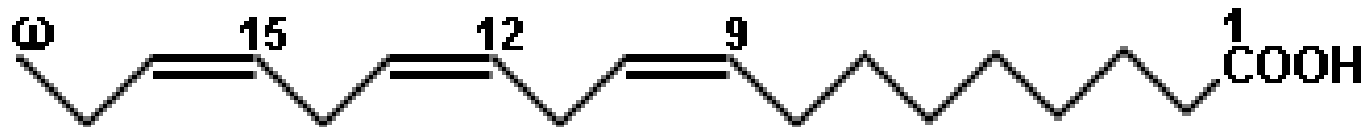

O
H2C — O
O
HC — O
O
H2C — O
α
9
12
15
ω



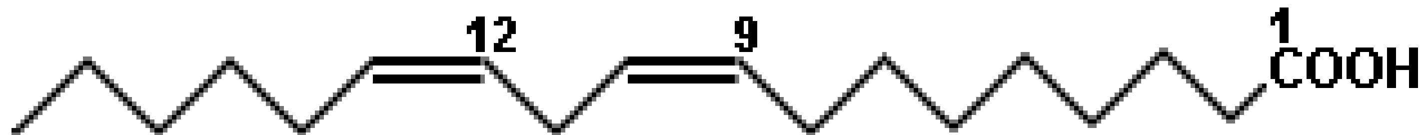


Grasas trans: Se obtienen a partir de la hidrogenación de los aceites vegetales, por lo cual pasan de ser insaturadas a saturadas, y a poseer la forma espacial de trans, por eso se llaman ácidos grasos trans. Son mucho más perjudiciales que las grasas saturadas presentes en la naturaleza (con forma cis), ya que son altamente aterogénicas y pueden contribuir a elevar los niveles de lipoproteínas LDL y los triglicéridos, haciendo descender peligrosamente los niveles de lipoproteínas HDL. Ejemplos de alimentos que contienen estos ácidos grasos son: la manteca vegetal, margarina y cualquier alimento elaborado con estos ingredientes

Grasas poliinsaturadas (formadas por ácidos grasos de las series omega-3, omega-6).



Serie omega 3. El primer doble enlace está situado en posición 3



Serie omega 6. El primer doble enlace está situado en posición 6

Fosfolípidos

- En un ***fosfolípido*****,** dos **ácidos grasos** y un grupo **fosfato** están unidos al **glicerol** por uniones **ester**
- Las dos cadenas de **ácidos grasos** ("colas") son **hidrofóbicas**, pero el grupo **fosfato** y sus uniones forman una "cabeza" **hidrofílica**

LE 5-13

Hydrophilic head

$CH_2 - \overset{+}{N}(CH_3)_3$

CH_2

O

$O = P - O^-$

O

$CH_2 - CH - CH_2$

O O

$C = O$ $C = O$

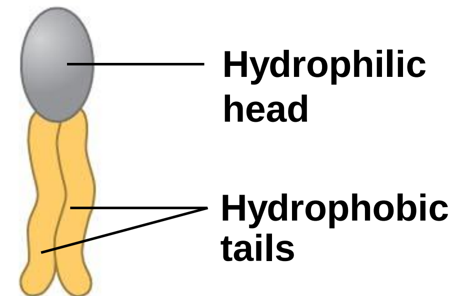
Hydrophobic tails

Choline

Phosphate

Glycerol

Fatty acids



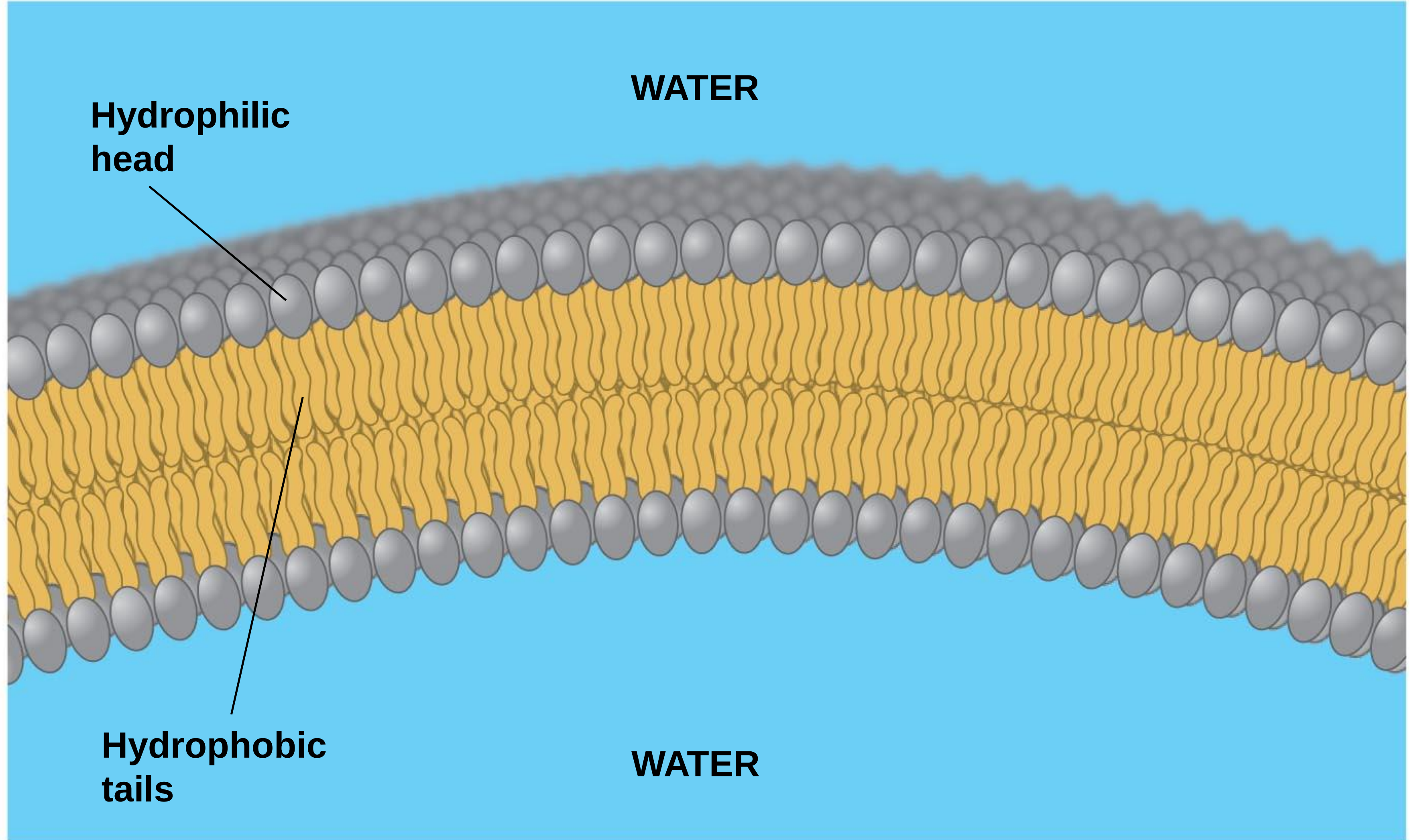
(a) Structural formula

(b) Space-filling model

(c) Phospholipid symbol

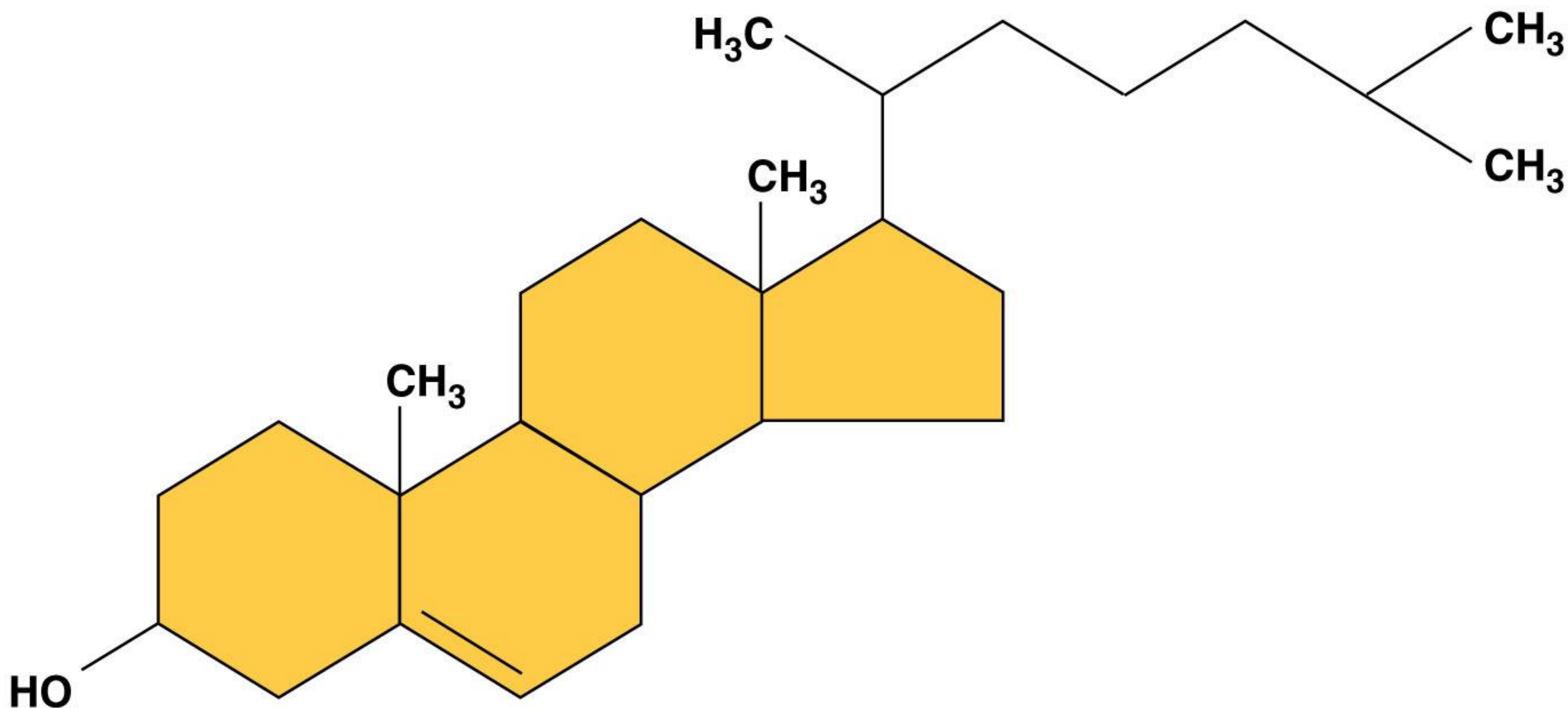
- Cuando los ***fosfolípidos*** son agregados al agua, estos se autoensamblan en una **bicapa**, con las “colas” hidrofóbicas orientadas hacia el interior de la misma
- Esta estructura de **bicapa fosfolipídica** es característica de las **membranas biológicas** (ej. membrana plasmática, sistema de endomembranas, membranas de organelas)
- Los ***fosfolípidos*** son el componente principal de todas las membranas celulares

LE 5-14



Esteroides

- Los ***esteroides*** son lipidos characterizados por un equeleto carbonado formado por cuatro anillos fusionados
- El **colesterol**, un ***esteroide*** importante, es un componente de las membranas celulares animales


H3C
CH3
CH3
CH3
CH3
HO

Las *proteínas* poseen estructuras diversas, lo que resulta en un amplio rango de funciones

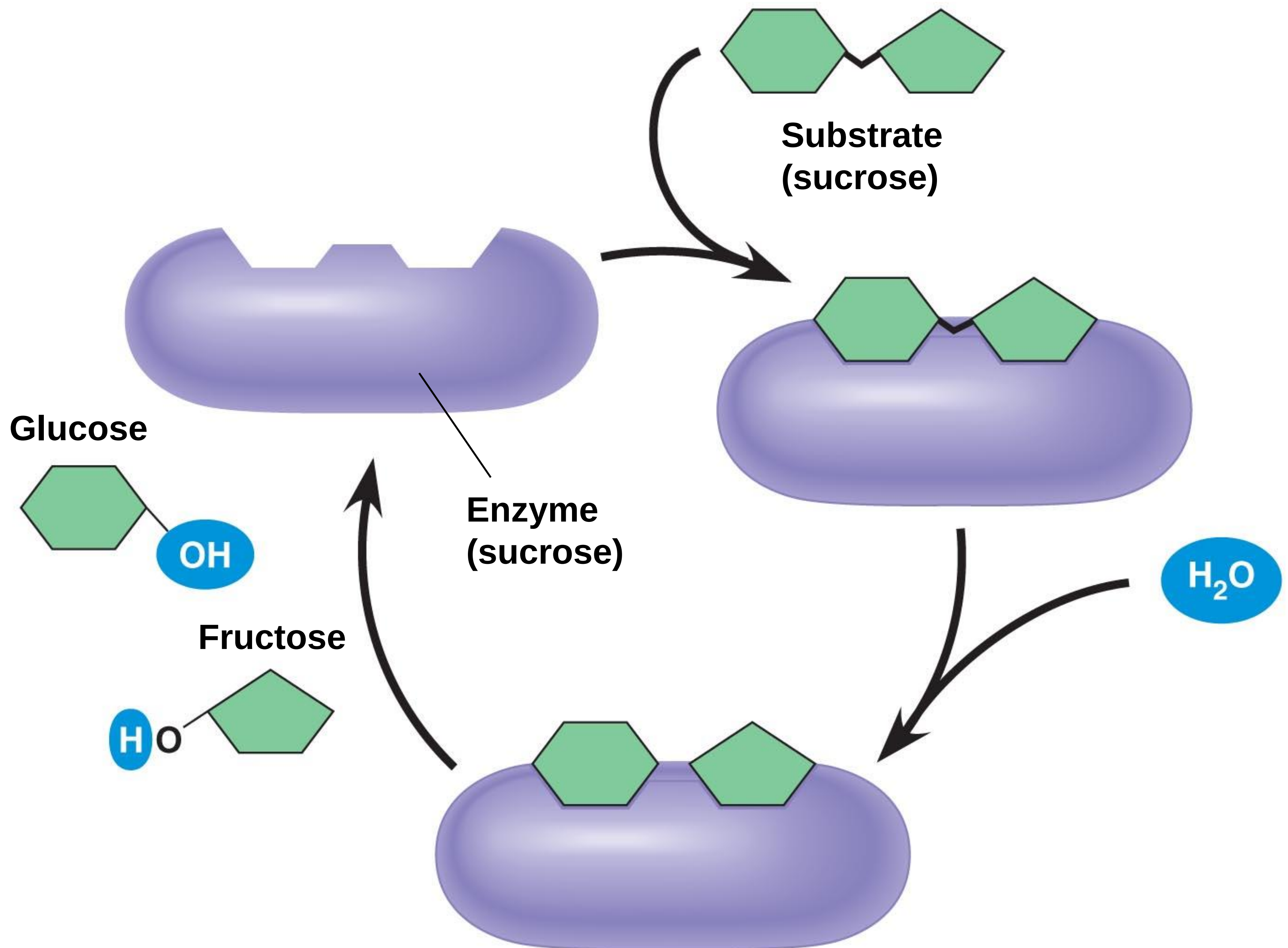
- Las proteínas representan más del 50% del peso seco de la mayoría de las células
- Las funciones de las proteínas incluyen: soporte estructural, almacenamiento, transporte, comunicación celular, movimiento, defensa

Table 5.1 An Overview of Protein Functions

Type of Protein	Function	Examples
Enzymatic proteins	Selective acceleration of chemical reactions	Digestive enzymes (hydrolyze polymers in food)
Structural proteins	Support	Silk fibers (cocoons and spider webs), collagen and elastin (animal connective tissues), keratin (hair, horns, feathers)
Storage proteins	Storage of amino acids	Ovalbumin (egg white), casein (milk), storage proteins in seeds
Transport proteins	Transport of other substances	Hemoglobin (blood), proteins that transport molecules across cell membranes
Hormonal proteins	Coordination of an organism's activities	Insulin (helps regulate concentration of sugar in blood)
Receptor proteins	Response of cell to chemical stimuli	Nerve cell receptors (detect chemical signals released by other nerve cells)
Contractile and motor proteins	Movement	Actin and myosin (muscles), proteins responsible for undulations of cilia and flagella
Defensive proteins	Protection against disease	Antibodies (combat bacteria and viruses)

- Las **enzimas** son un tipo de ***proteínas*** que actuan como catalizadores, aumentando la velocidad de las reacciones bioquímicas
- Las **enzimas** pueden llevar a cabo sus funciones repetidamente

LE 5-16


Substrate
(sucrose)
Enzyme
(sucrose)
Glucose
OH
Fructose
H O
H_2O

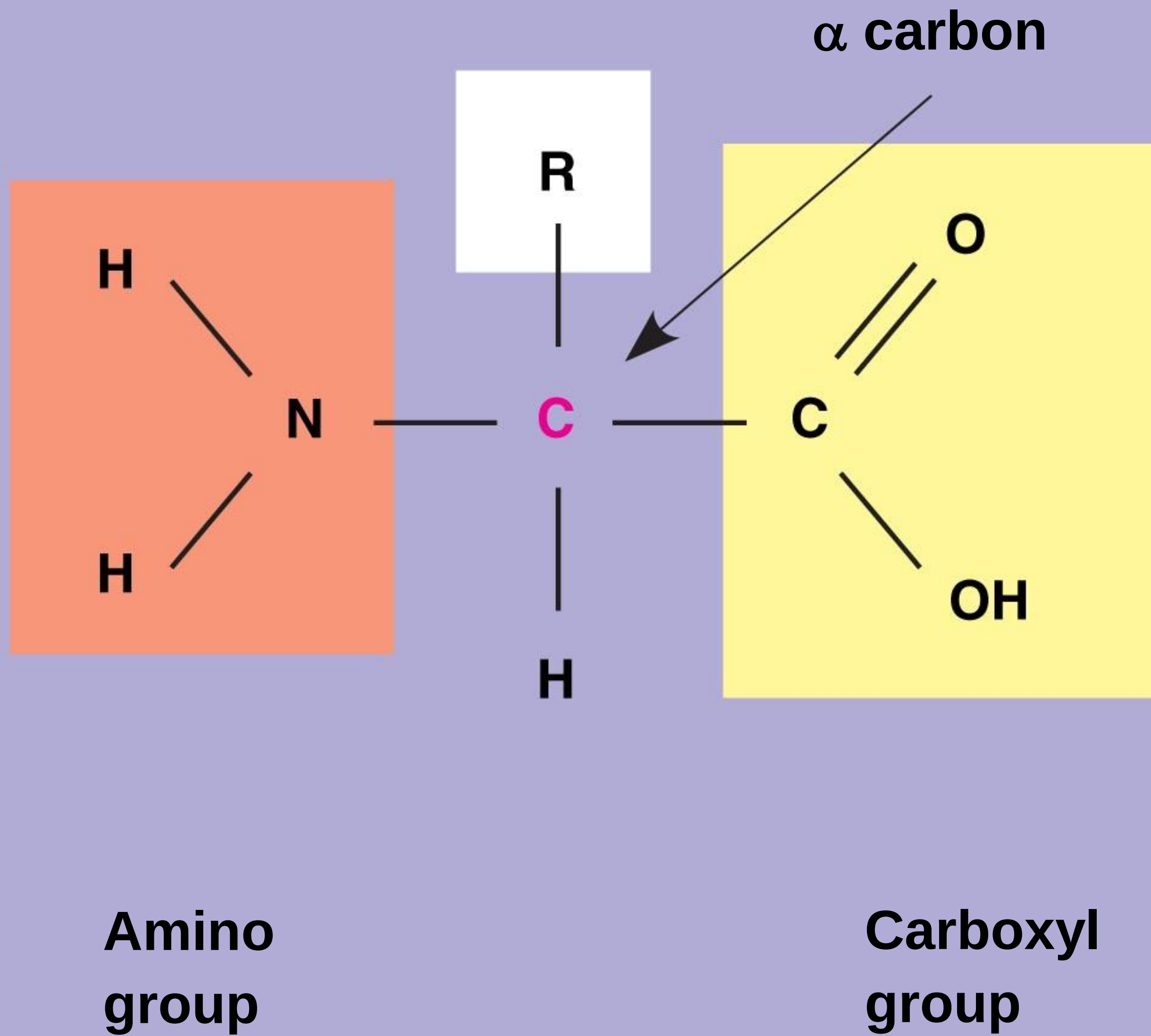
Polipéptidos

- Los **polipéptidos** son polímeros de **aminoácidos**
- Una ***proteína*** puede estar formada por uno o más **polipéptidos**

Aminoácidos

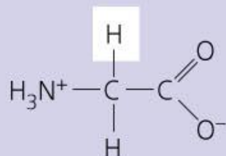
- Los **aminoácidos** son moléculas orgánicas que se caracterizan por poseer un grupo **carboxilo** y un grupo **amino**
- Los **aminoácidos** difieren en sus propiedades debido a sus cadenas laterales distintivas, denominadas **grupos R**
- Las células utilizan 20 **aminoácidos** para fabricar miles de ***proteínas*** distintas

LE 5-UN78

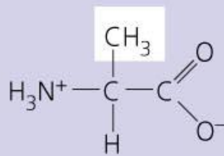


LE 5-17a

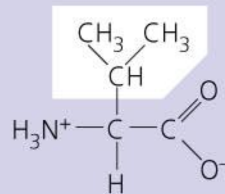
Nonpolar



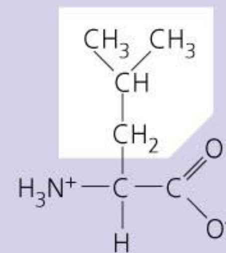
Glycine (Gly)



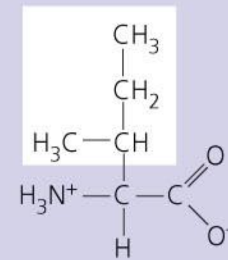
Alanine (Ala)



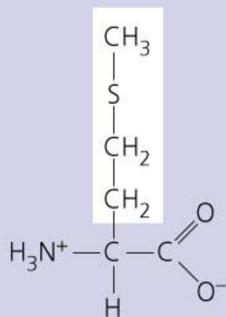
Valine (Val)



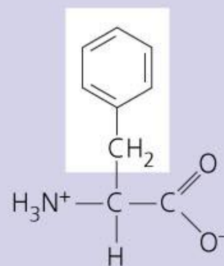
Leucine (Leu)



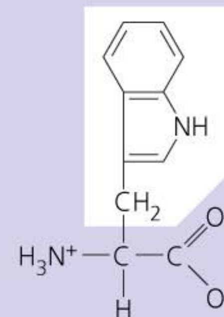
Isoleucine (Ile)



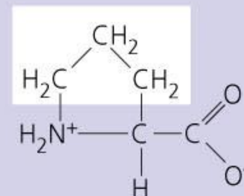
Methionine (Met)



Phenylalanine (Phe)



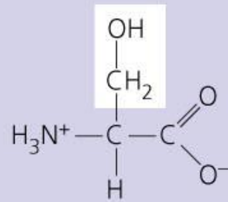
Tryptophan (Trp)



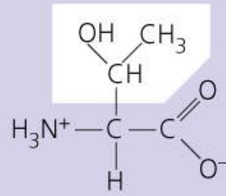
Proline (Pro)

LE 5-17b

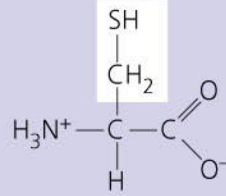
Polar



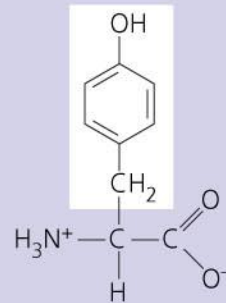
Serine (Ser)



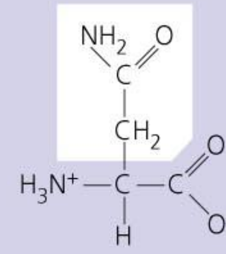
Threonine (Thr)



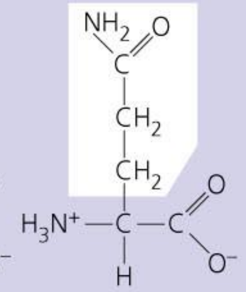
Cysteine (Cys)



Tyrosine (Tyr)



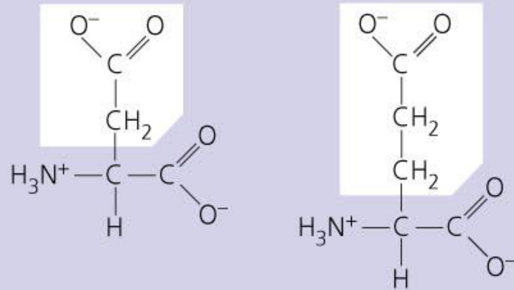
Asparagine (Asn)



Glutamine (Gln)

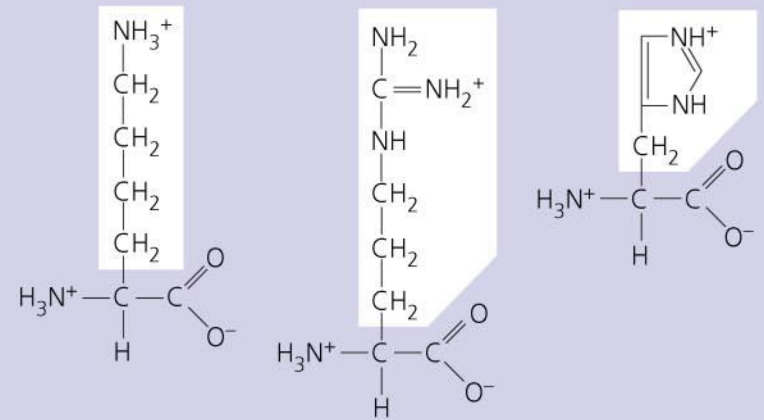
Electrically charged

Acidic



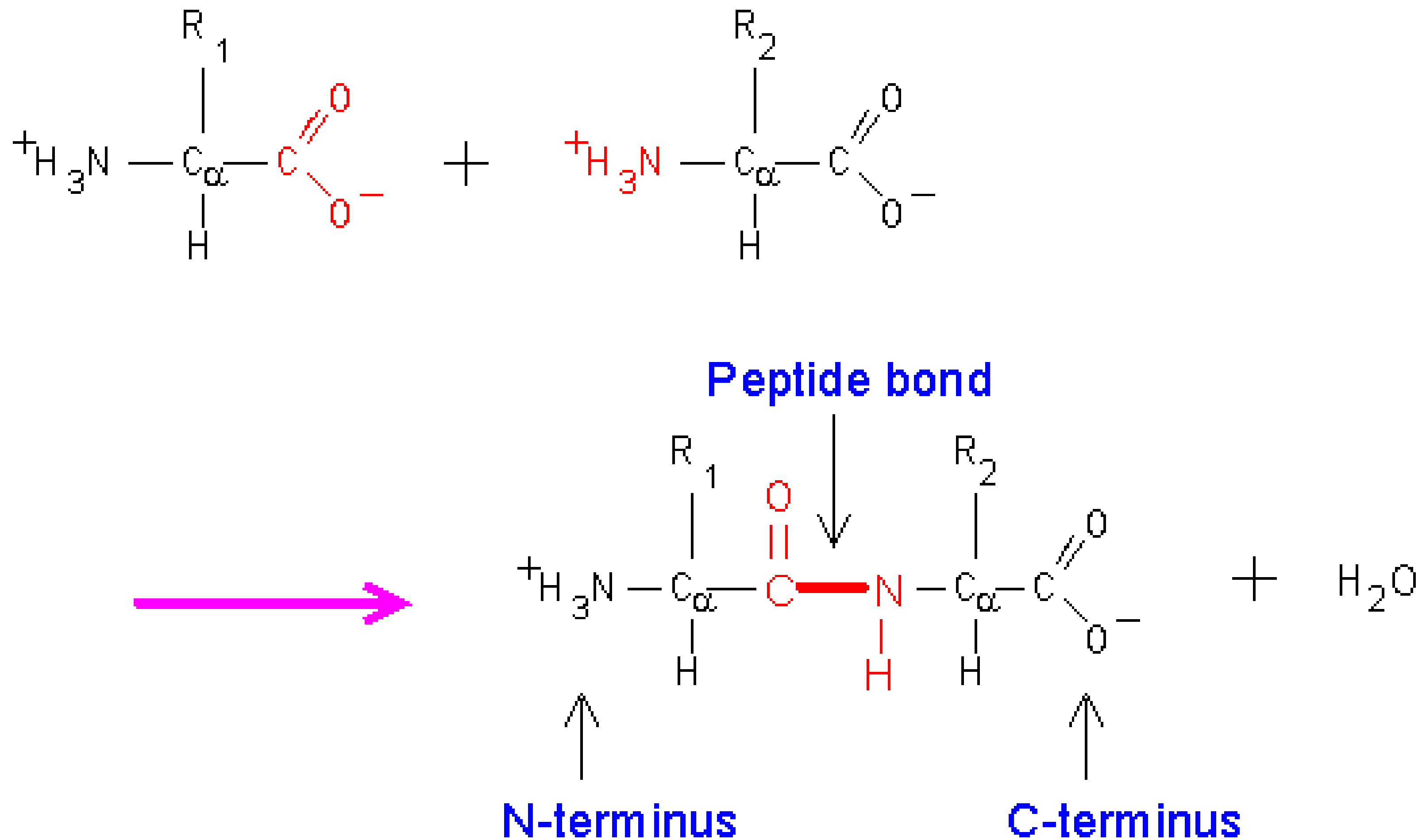
Aspartic acid (Asp) Glutamic acid (Glu)

Basic



Lysine (Lys) Arginine (Arg) Histidine (His)

Polímeros de aminoácidos



- **Aminoácidos** unidos por **uniones peptídicas** (uniones amida):

  Péptidos (2-50 aa),

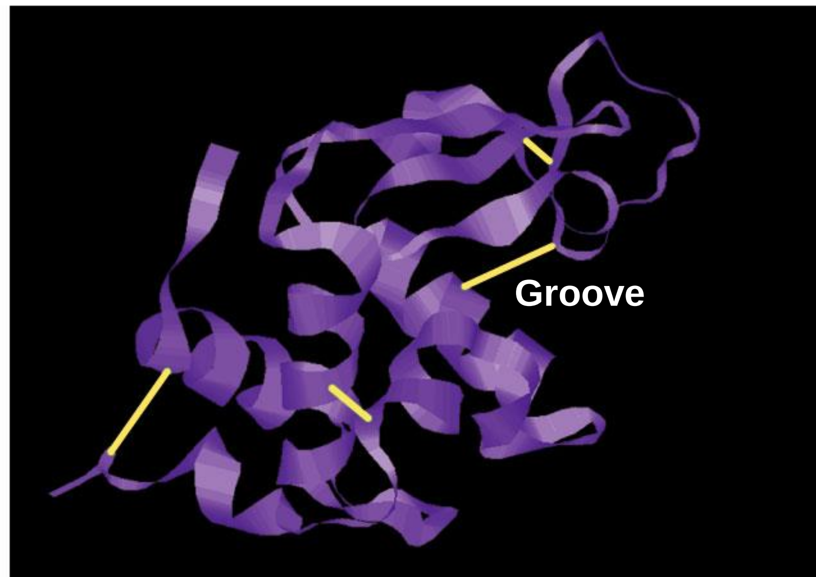
  Polipéptidos (>50~1000 aa)

- Cada **polipéptido** posee una **única secuencia** lineal de **aminoácidos** (idem péptidos)

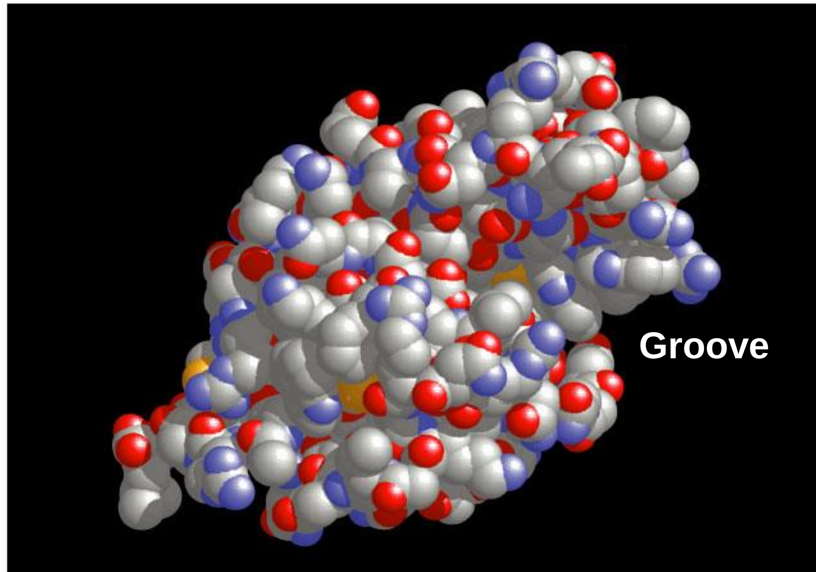
Conformación y función de las proteínas

- Una **proteína** funcional consiste en uno o más **polipéptidos** doblados, plegados y enrrollados en una forma característica
- La **secuencia de aminoácidos** determina la estructura 3-D (**conformación**) de una **proteína**
- La **conformación** (estructura 3-D) de una **proteína** determina su **función**

LE 5-19



(a) A ribbon model

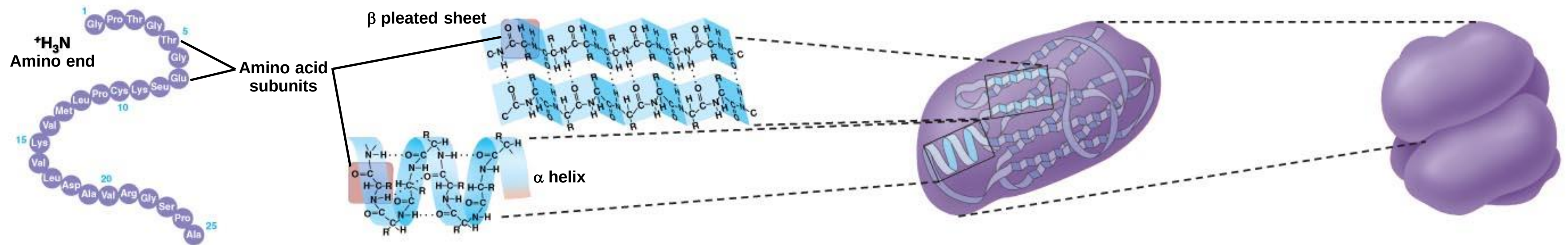


(b) A space-filling model

Los cuatro niveles de organización estructural de las proteínas

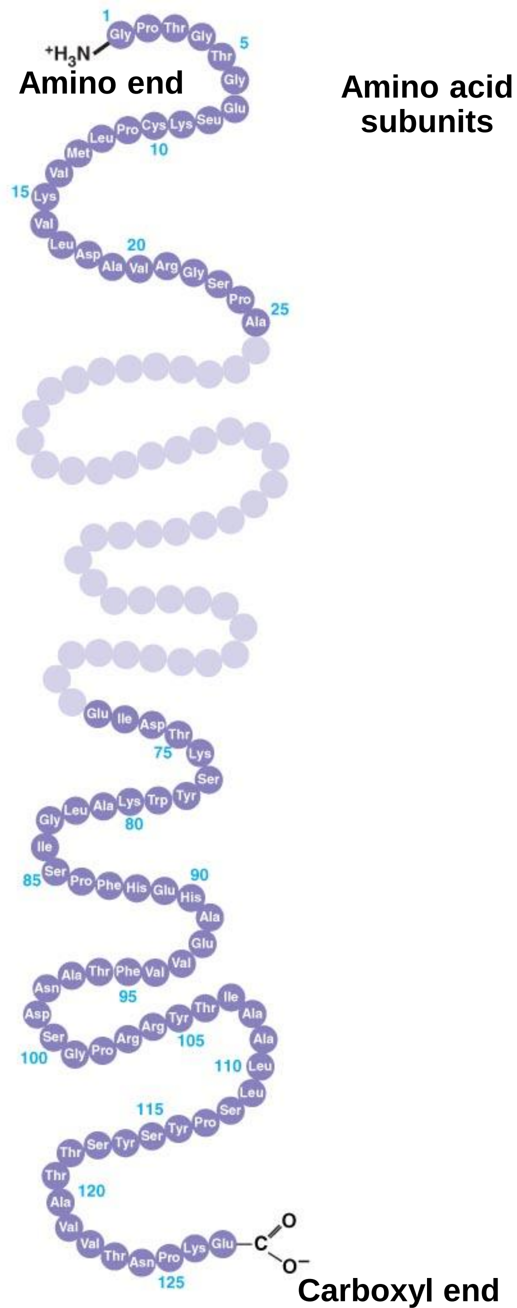
- La **estructura primaria** de una proteína corresponde a su **secuencia única de aminoácidos**
- Algunas regiones de la cadena polipeptídica presentan enrrollamientos y plegamientos característicos que determinan su **estructura secundaria**
- La **estructura terciaria** está determinada por interacciones entre varios grupos R de aminoácidos
- La **estructura cuaternaria** existe en proteínas formadas por **más de un polipéptido**

LE 5-20



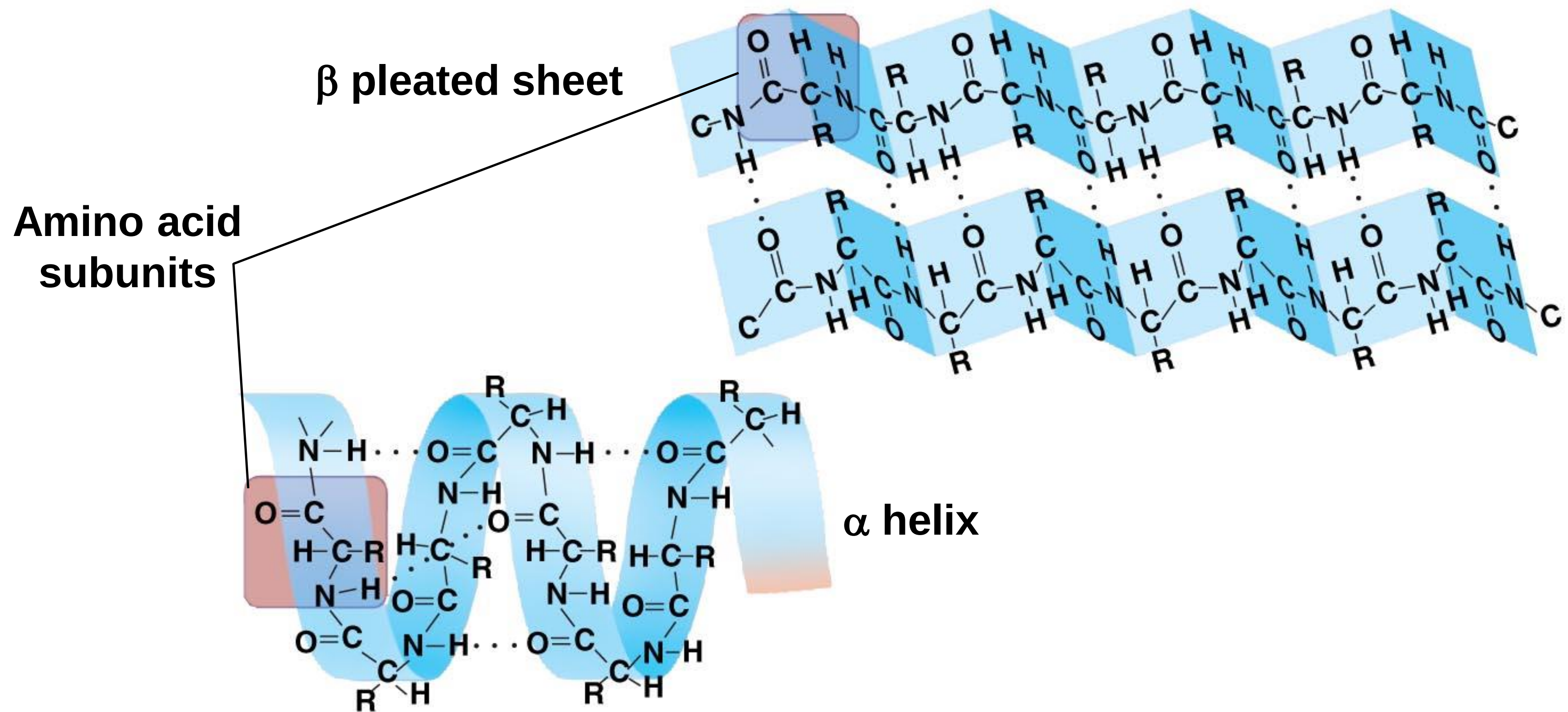
- La **estructura primaria**, la secuencia de aminoácidos en una proteína, es semejante al orden de letras en una palabra larga
- La **estructura primaria** esta determinada por información genética heredada

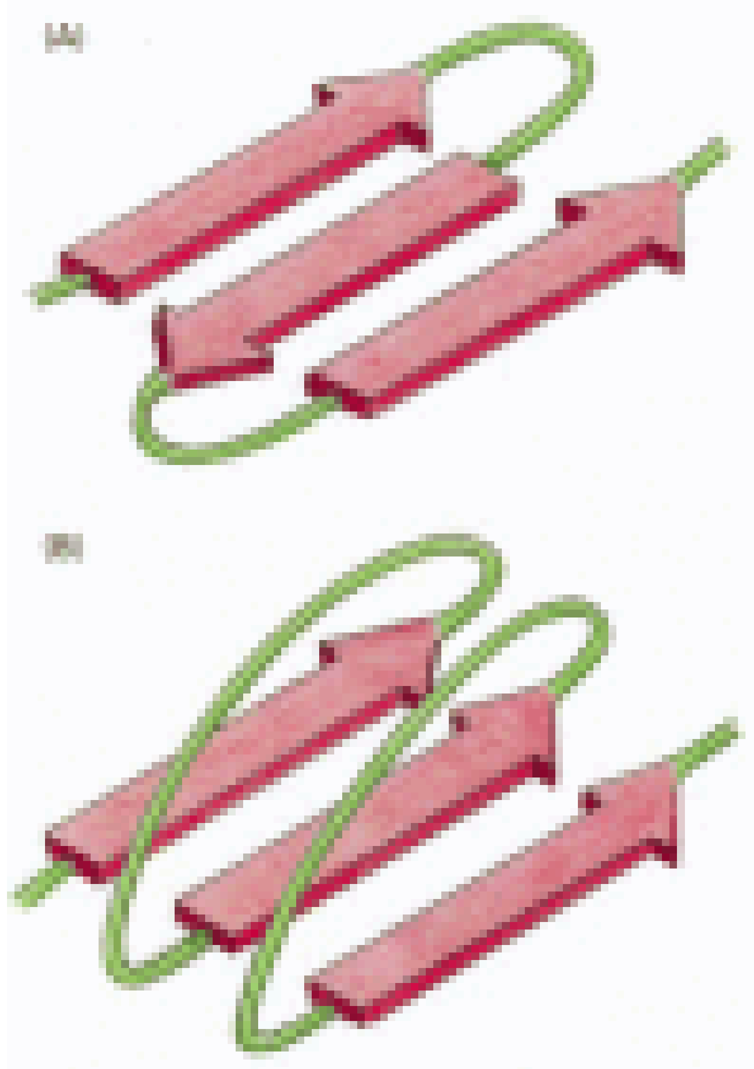
LE 5-20a



- Los enrrollamientos y pliegues de la **estructura secundaria** resultan de enlaces **puente de hidrógeno** entre constituyentes repetitivos del esqueleto polipeptídico
- Estucturas secundarias típicas son un enrrollamiento llamado **alfa hélice** y una estructura plegada denominada **hoja plegada beta**

LE 5-20b

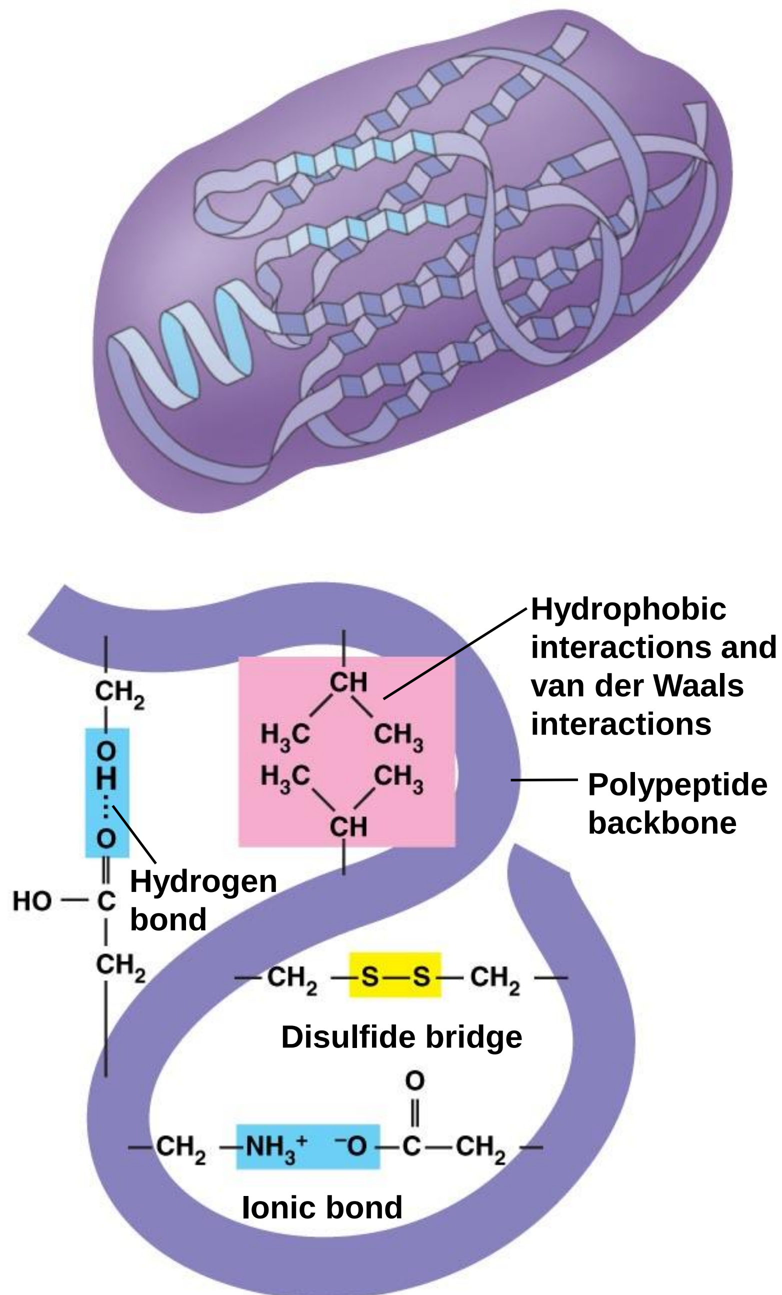




Two types of β sheet structures. (A) An antiparallel β sheet . (B) A parallel β sheet. Both of these structures are common in proteins.

- La **estructura terciaria** está determinada por interacciónes entre **grupos R**
- Estas interacciones entre grupos R incluyen uniónes puente de hidrógeno, uniones iónicas, interacciones hidrofóbicas, e interacciones de van der Waals
- Uniones covalentes denominadas puentes disulfuro pueden reforzar la estructura terciaria

LE 5-20d



Hydrophobic interactions and van der Waals interactions
Polypeptide backbone
CH
H3C
CH3
H3C
CH3
CH
CH2
O
H
O
HO — C
CH2
Hydrogen bond
CH2 S—S CH2
Disulfide bridge
O
CH2 NH3+ −O C CH2
Ionic bond

- La **estructura cuaternaria** resulta cuando **dos o más cadenas polipeptídicas** (subunidades) forman **una proteína**.
- Dichas subunidades se asocian entre sí mediante uniones puente de hidrógeno, uniónes iónicas, interacciones hidrofóbicas, interacciones de van der Waals. Pueden existir uniones covalentes de tipo puente disulfuro entre residuos de cisteína situados en cadenas polipeptídicas distintas

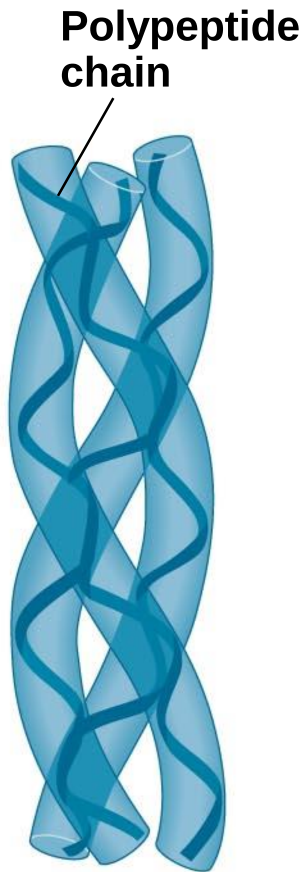
El colágeno es una proteína fibrosa formada por tres cadenas polipéptídicas enrrolladas como una cuerda

La hemoglobina es una proteína globular formada por cuatro cadenas polipeptídicas: dos alfa y dos beta

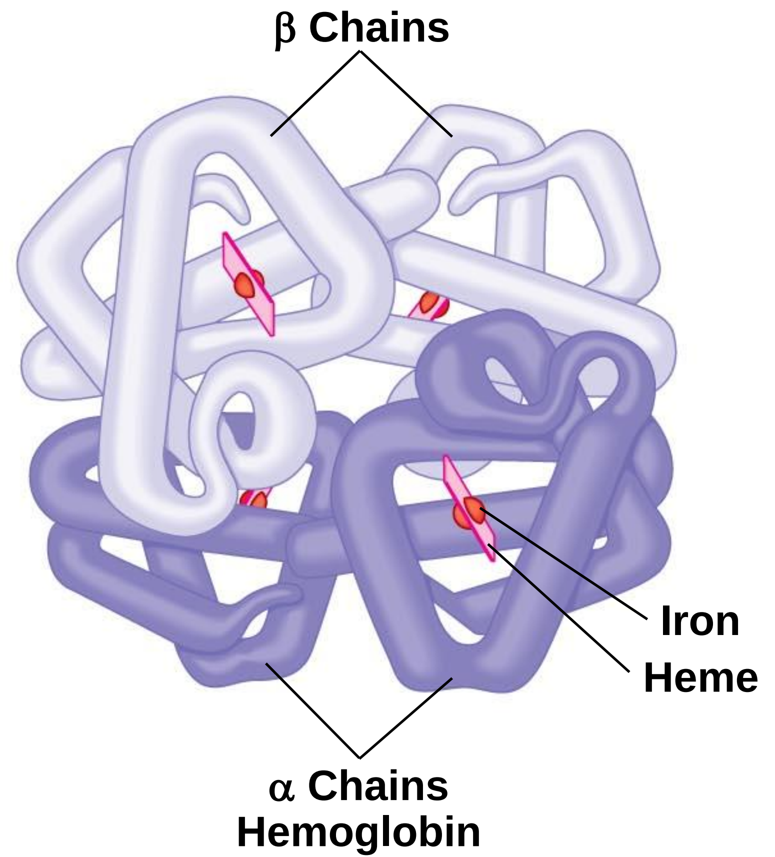
LE 5-20e



Polypeptide chain



Collagen



Hemoglobin

Anemia falciforme: un simple cambio en la estructura primaria

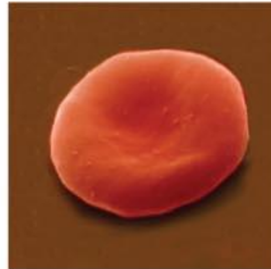
- Un simple cambio en la estructura primaria puede afectar la conformación de una proteína y por lo tanto su capacidad funcional
- La anemia falciforme, una enfermedad hereditaria de la sangre, resulta de una única sustitución de un aminoácido en la subunidad beta de la hemoglobina

LE 5-21a

10 µm

Red blood cell shape

Normal cells are full of individual hemoglobin molecules, each carrying oxygen.



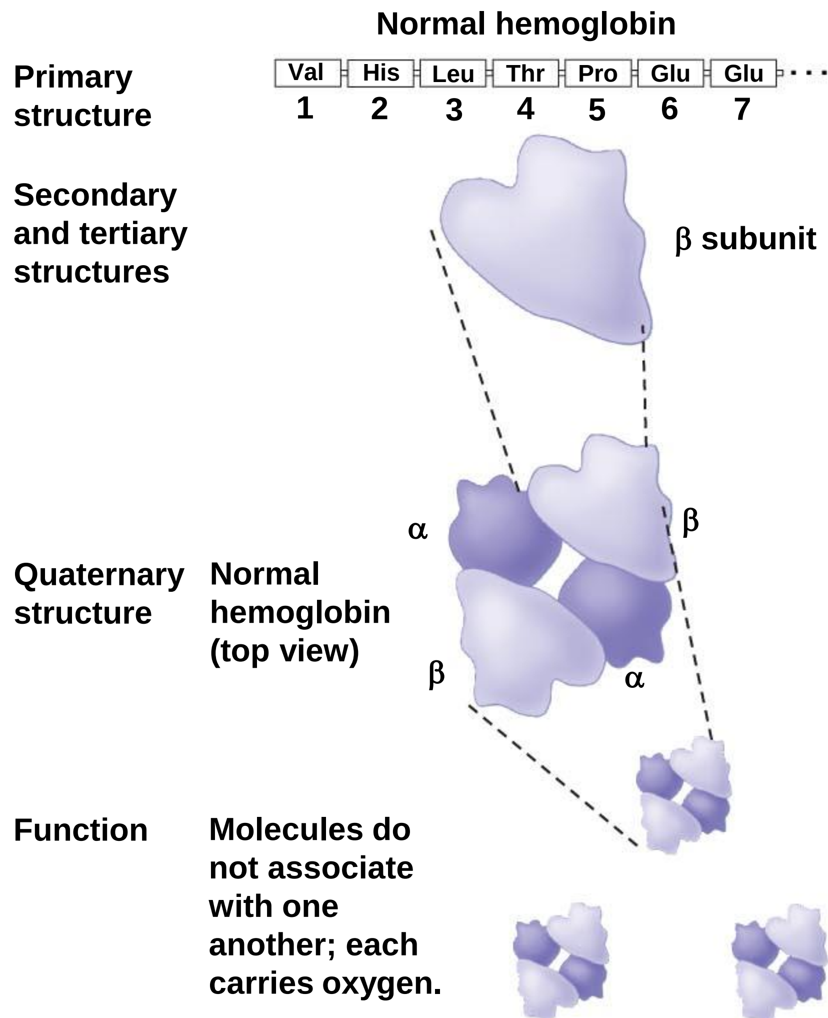
10 µm

Red blood cell shape

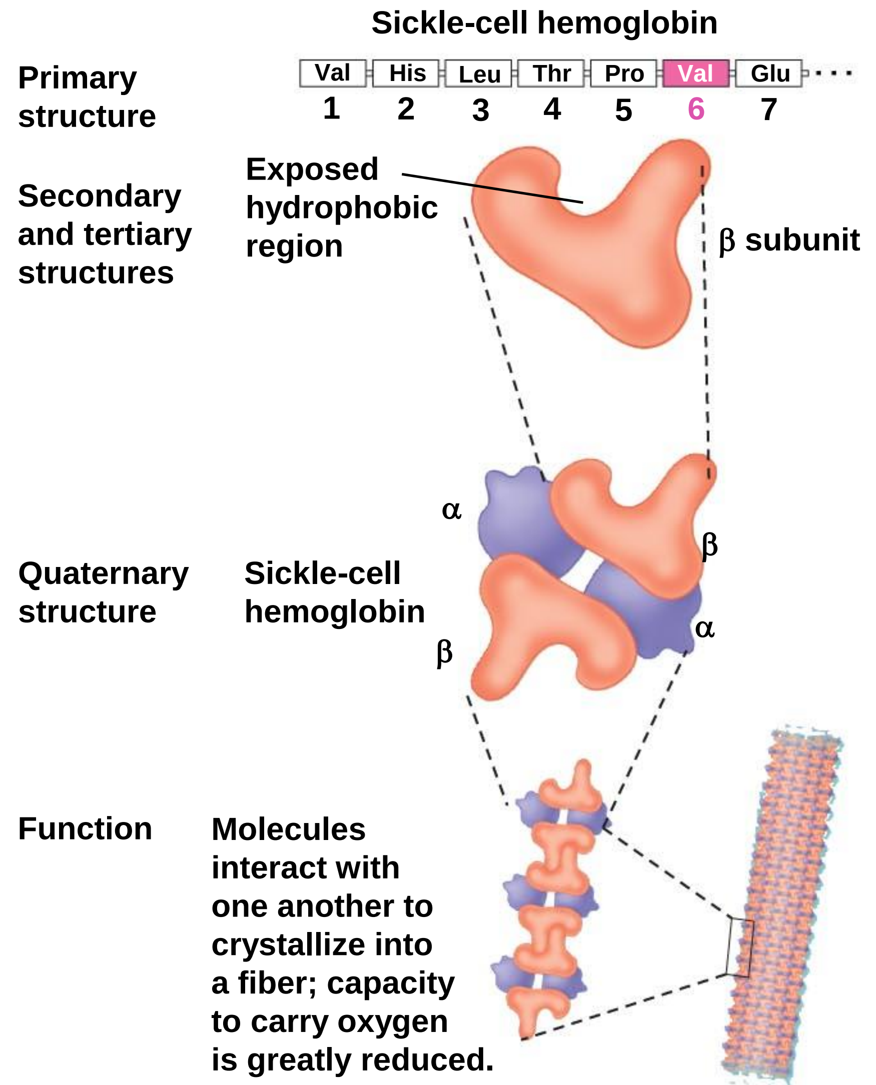
Fibers of abnormal hemoglobin deform cell into sickle shape.



LE 5-21b



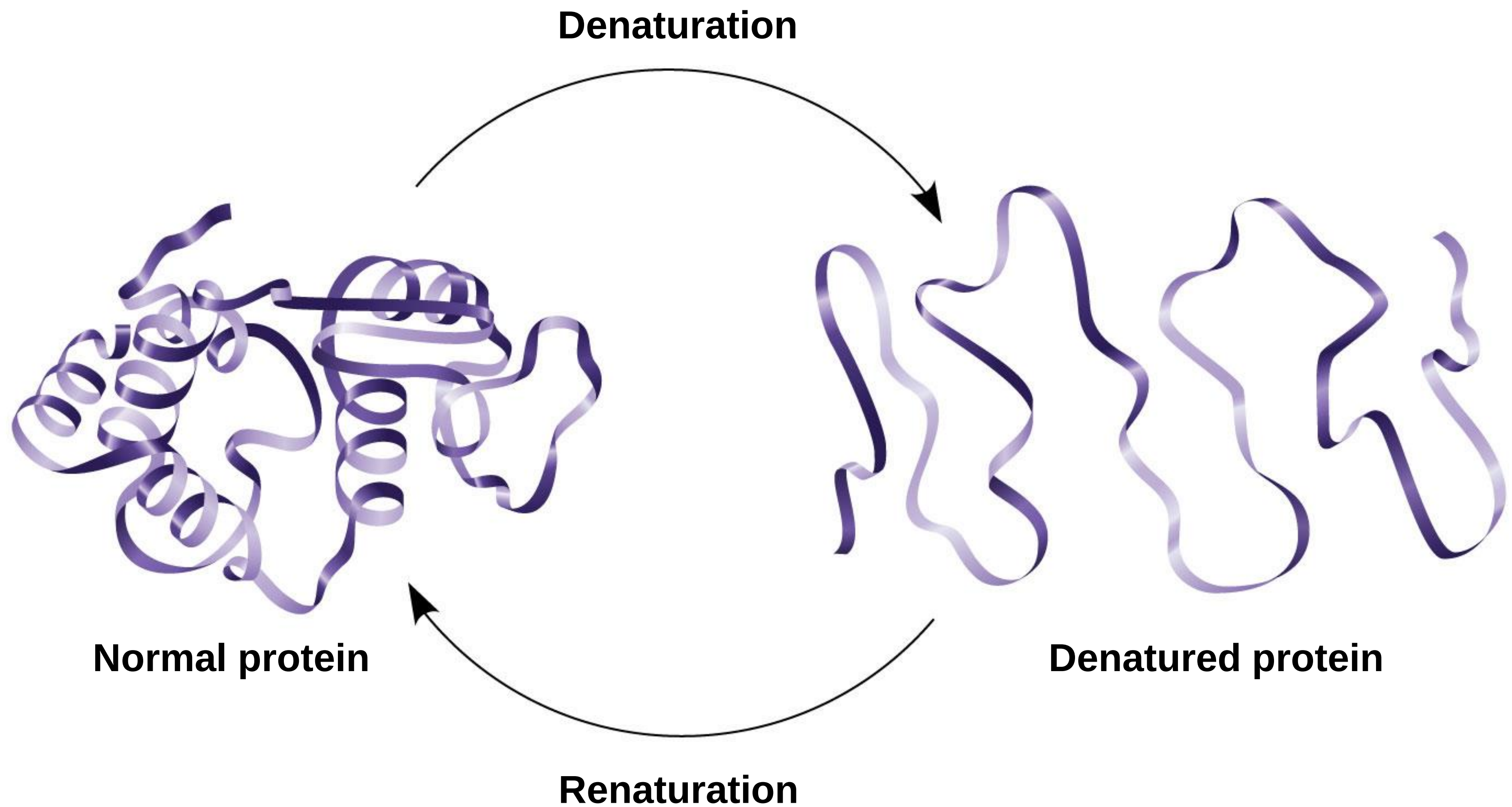
Normal hemoglobin
Primary structure
Val His Leu Thr Pro Glu Glu
1 2 3 4 5 6 7
Secondary and tertiary structures
β subunit
Quaternary structure
Normal hemoglobin (top view)
α
β
β
α
Function
Molecules do not associate with one another; each carries oxygen.

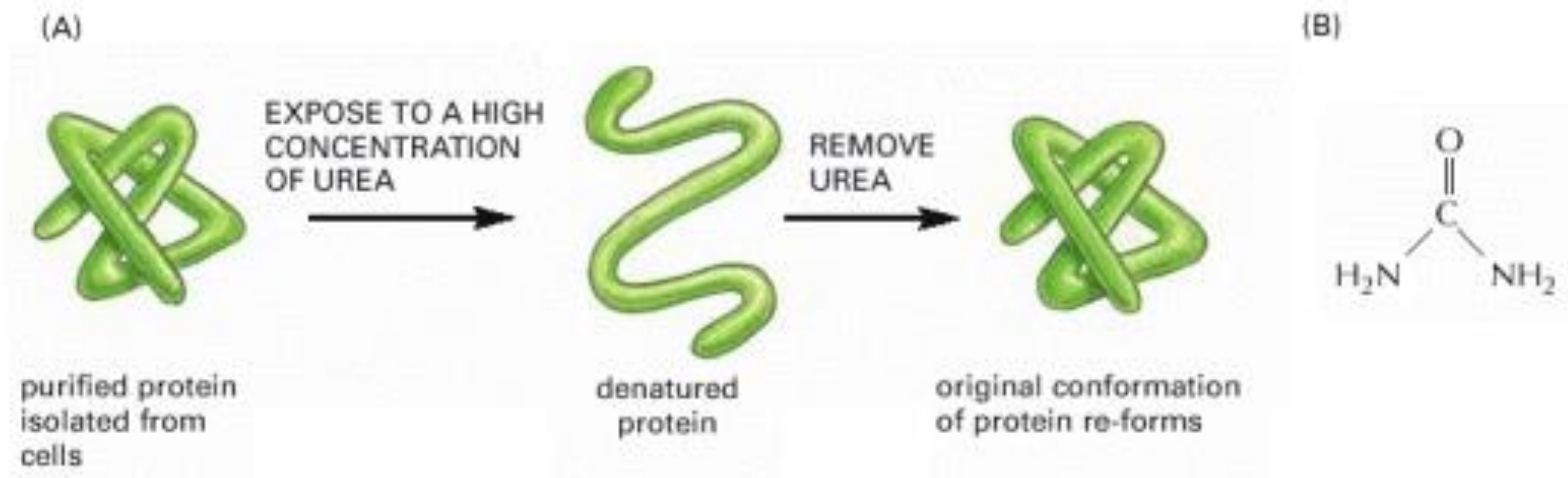


Sickle-cell hemoglobin
Primary structure
Val His Leu Thr Pro Val Glu
1 2 3 4 5 6 7
Secondary and tertiary structures
Exposed hydrophobic region
β subunit
Quaternary structure
Sickle-cell hemoglobin
α
β
β
α
Function
Molecules interact with one another to crystallize into a fiber; capacity to carry oxygen is greatly reduced.

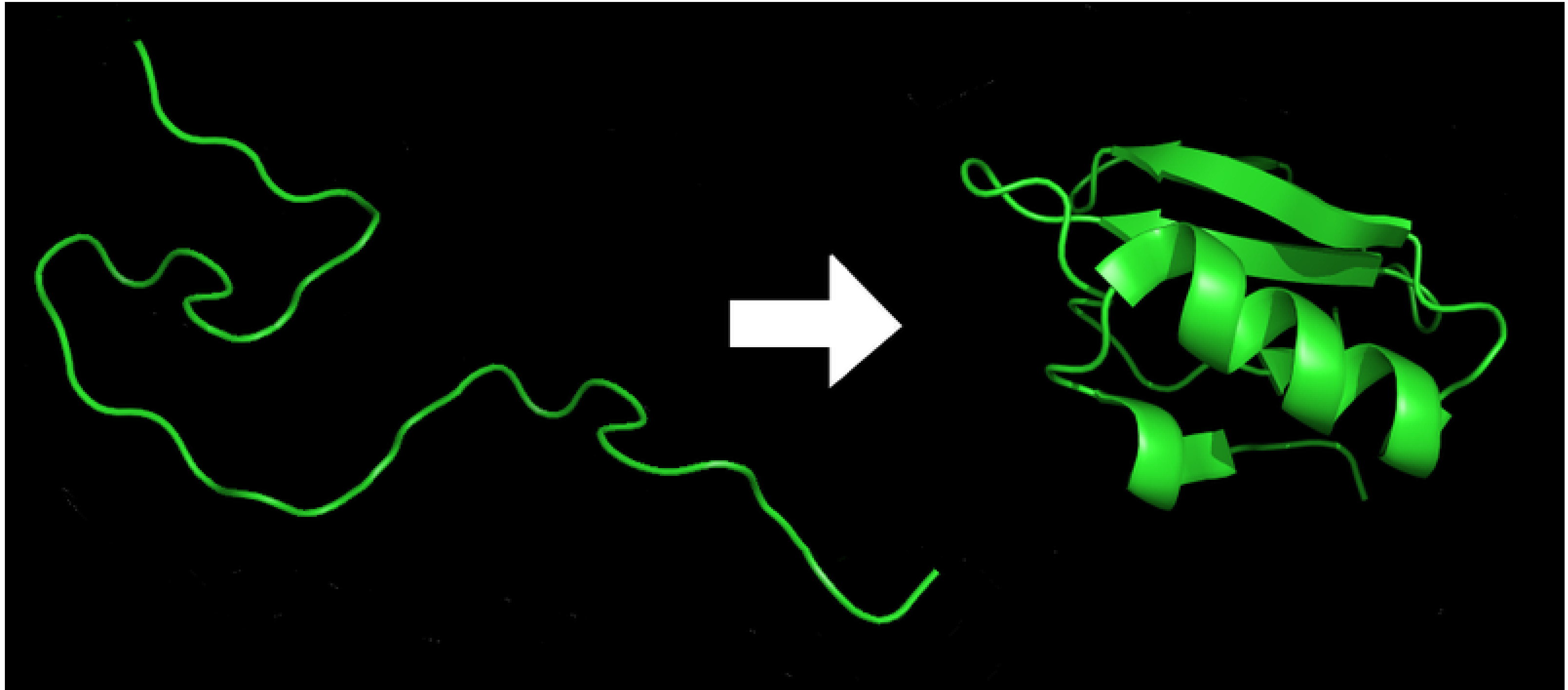
Qué determina la conformación de una proteína?

- Además de la estructura primaria, condiciones físicas y químicas pueden afectar la conformación
- Alteraciones en el pH, concentración de sales, temperatura, y otros factores ambientales, pueden modificar la **conformación nativa** de una proteína
- Esta pérdida de la conformación nativa se denomina **desnaturalización**
- Una proteína desnaturalizada es biológicamente inactiva


Denaturation
Normal protein
Denatured protein
Renaturation



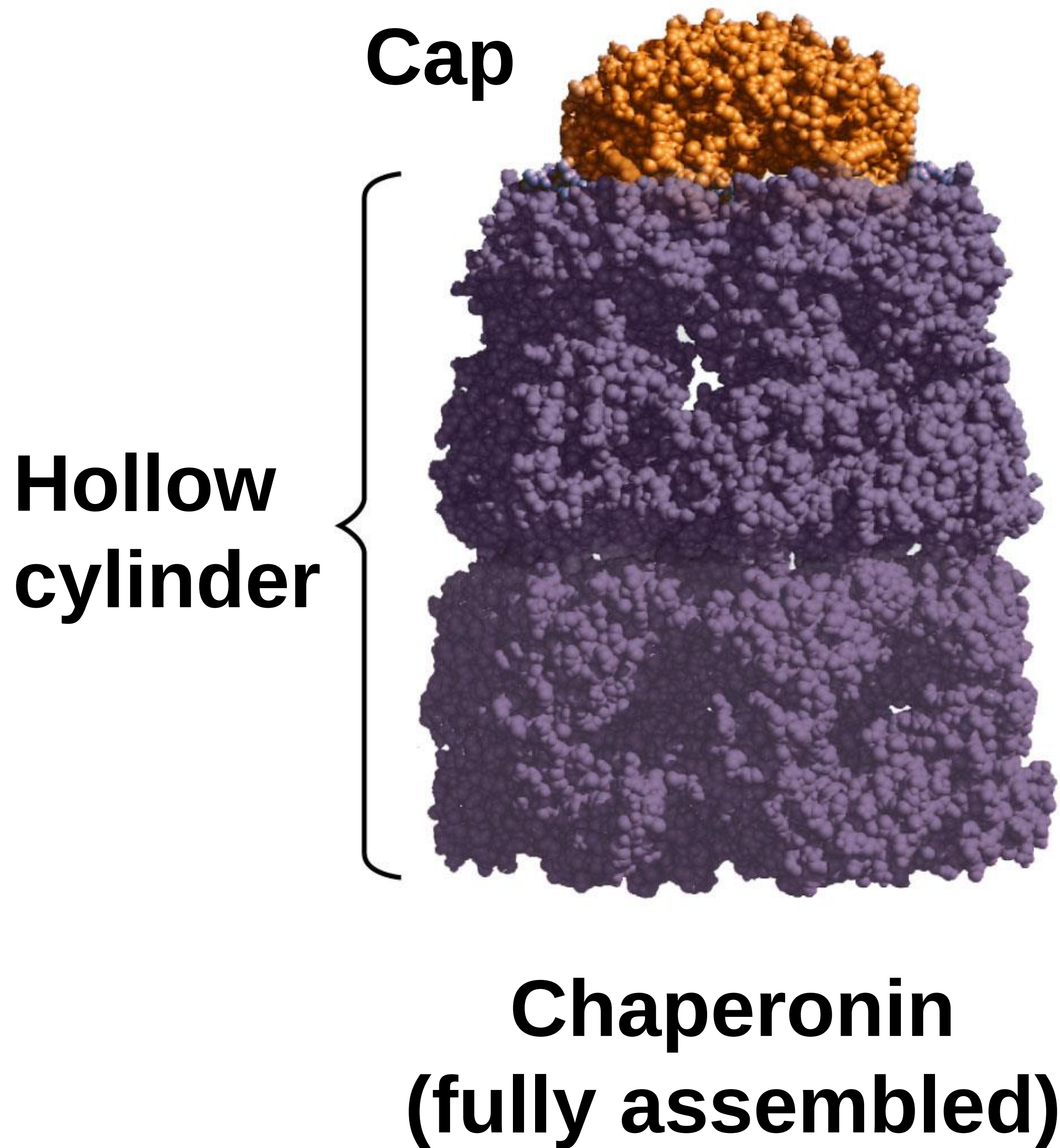
THE REFOLDING OF A DENATURED PROTEIN
(A) This experiment demonstrates that the conformation of a protein is determined solely by its amino acid sequence. (B) The structure of urea. Urea is very soluble in water and unfolds proteins at high concentrations



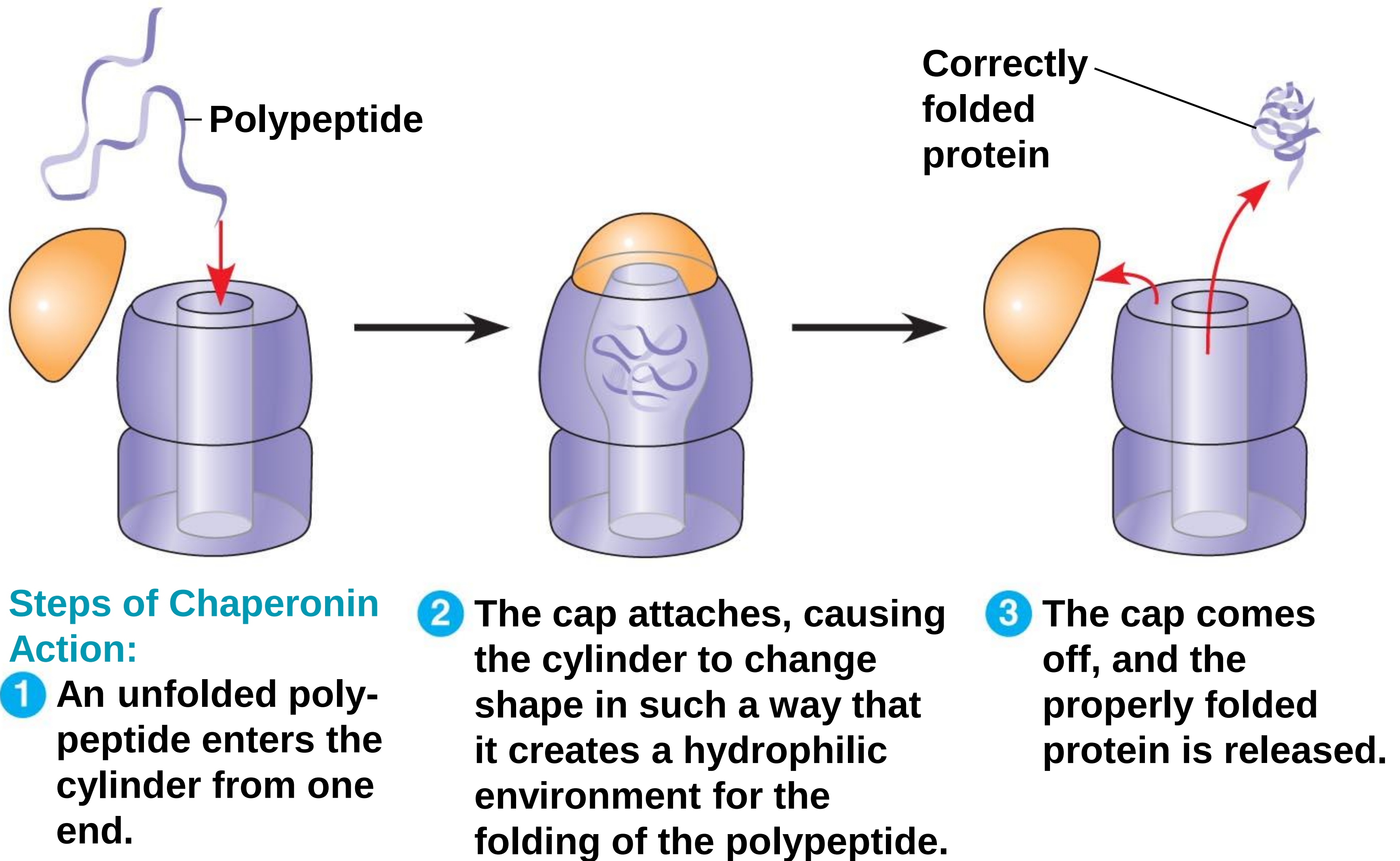
El problema del plegamiento de las proteínas

- Es dificil de predecir la conformación de una proteína en base a su estructura primaria
- La mayoría de las proteínas probablemente transitan varios estados en su camino a una conformación estable
- Las **chaperonas** son proteínas que ayudan al correcto plegamiento de otras proteínas

LE 5-23a

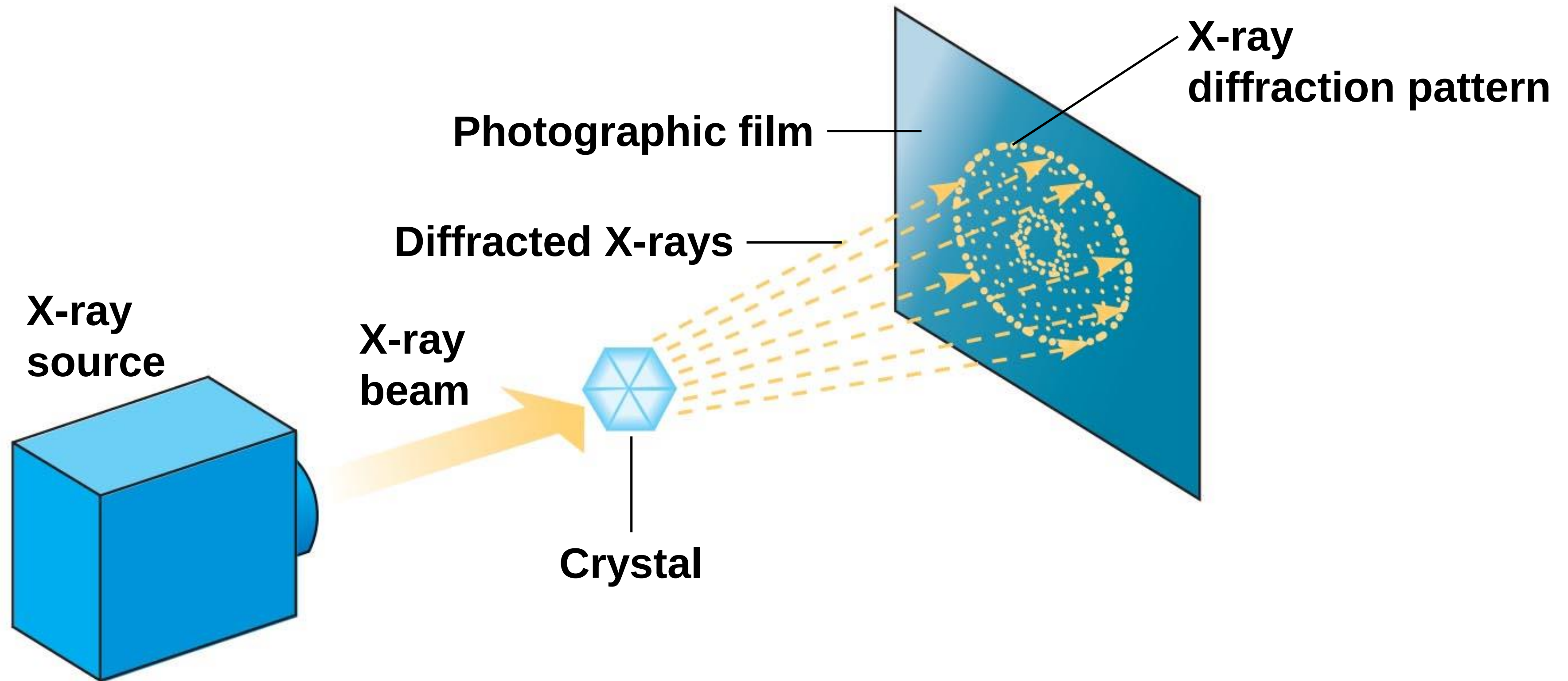


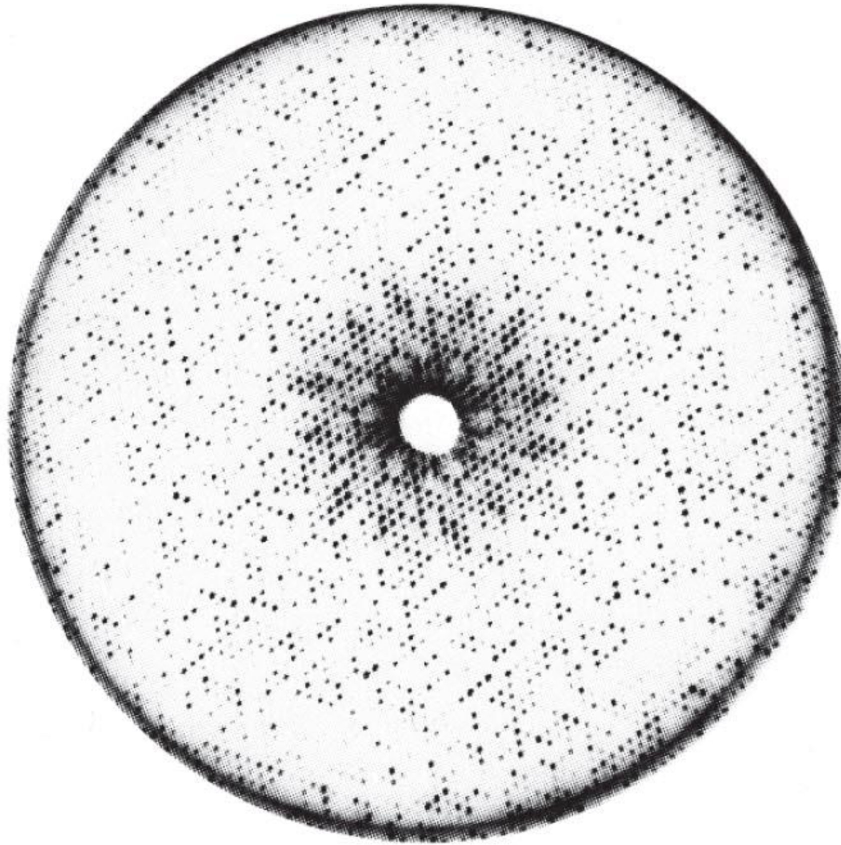
LE 5-23b


Polypeptide
Correctly folded protein
Steps of Chaperonin Action:
1 An unfolded polypeptide enters the cylinder from one end.
2 The cap attaches, causing the cylinder to change shape in such a way that it creates a hydrophilic environment for the folding of the polypeptide.
3 The cap comes off, and the properly folded protein is released.

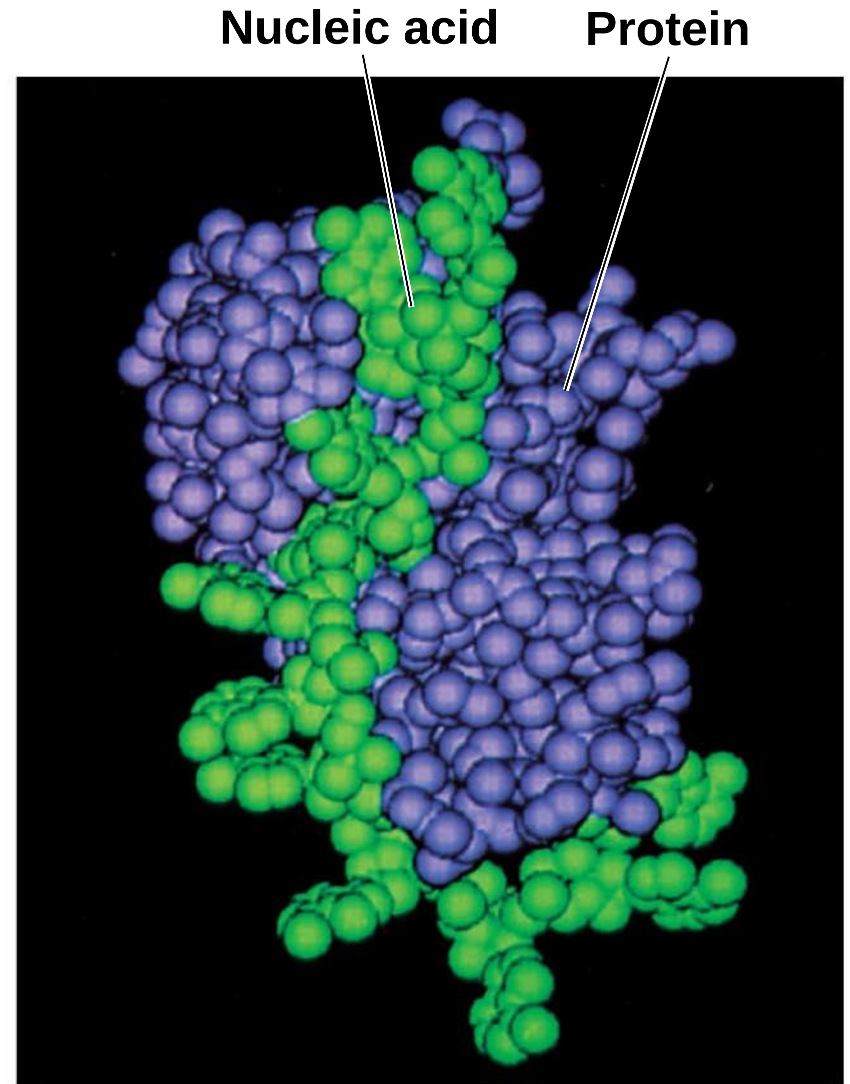
- Los científicos utilizan cristalografía de rayos X para determinar la conformación de una proteína
- Otro método es la espectroscopía por resonancia magnética nuclear (NMR), la cuál no requiere de la cristalización de la proteína

LE 5-24a

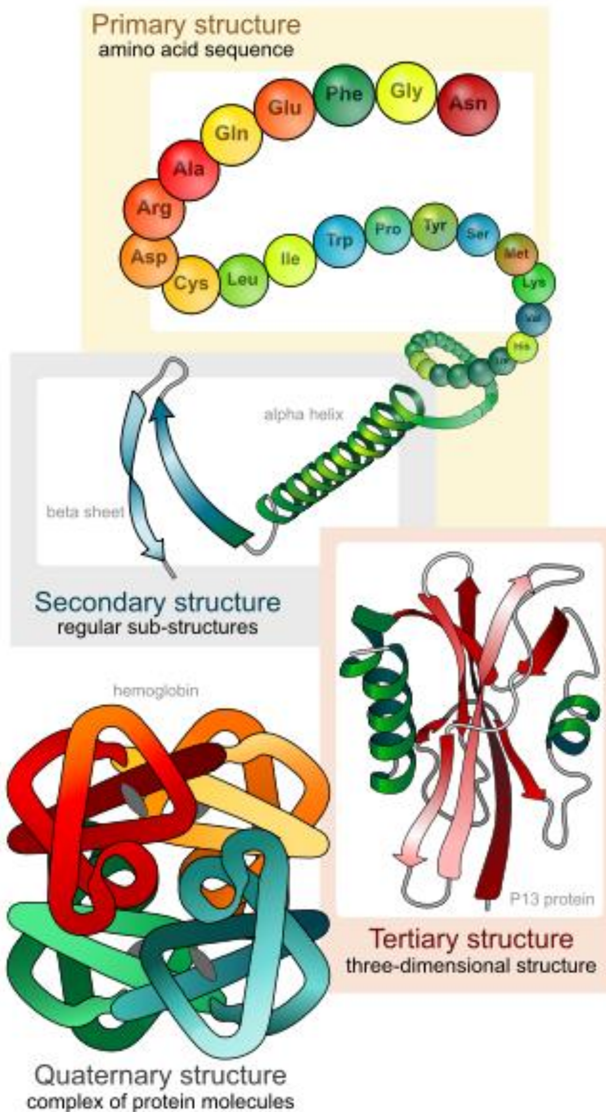

X-ray
diffraction pattern
Photographic film
Diffracted X-rays
X-ray
source
X-ray
beam
Crystal



(a) X-ray diffraction pattern



(b) 3D computer model

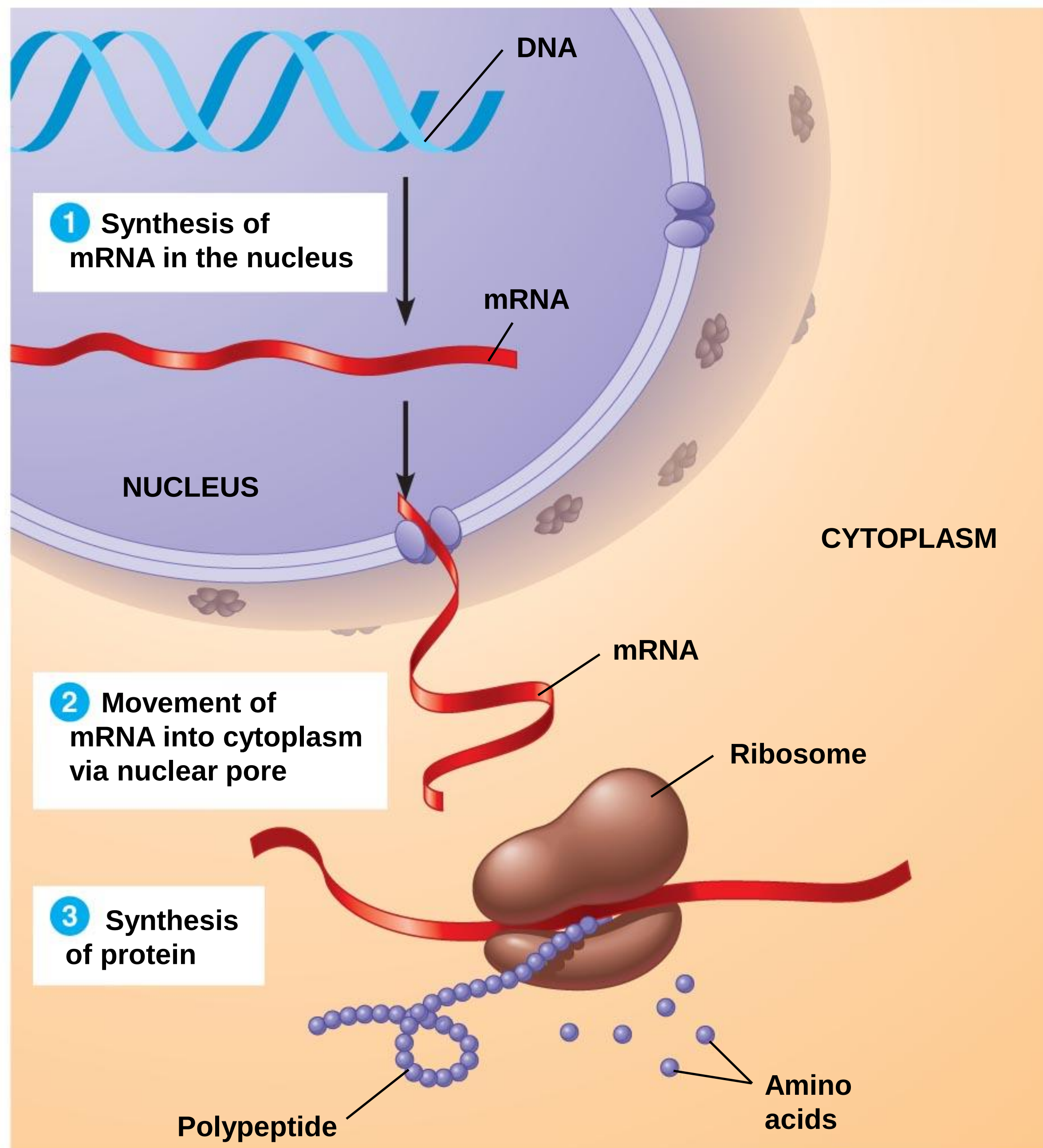

Primary structure
amino acid sequence
Phe
Gly
Asn
Glu
Gln
Ala
Arg
Asp
Cys
Leu
Ile
Trp
Pro
Tyr
Ser
Met
Lys
alpha helix
beta sheet
Secondary structure
regular sub-structures
hemoglobin
P13 protein
Tertiary structure
three-dimensional structure
Quaternary structure
complex of protein molecules

Los *ácidos nucleicos* almacenan y transmiten la información hereditaria

- La secuencia de aminoácidos de un polipéptido está programada en una unidad hereditaria denominada **gen**
- Los **genes** están formados por **DNA**, un ácido nucleico

Los roles de los *Acidos Nucleicos*

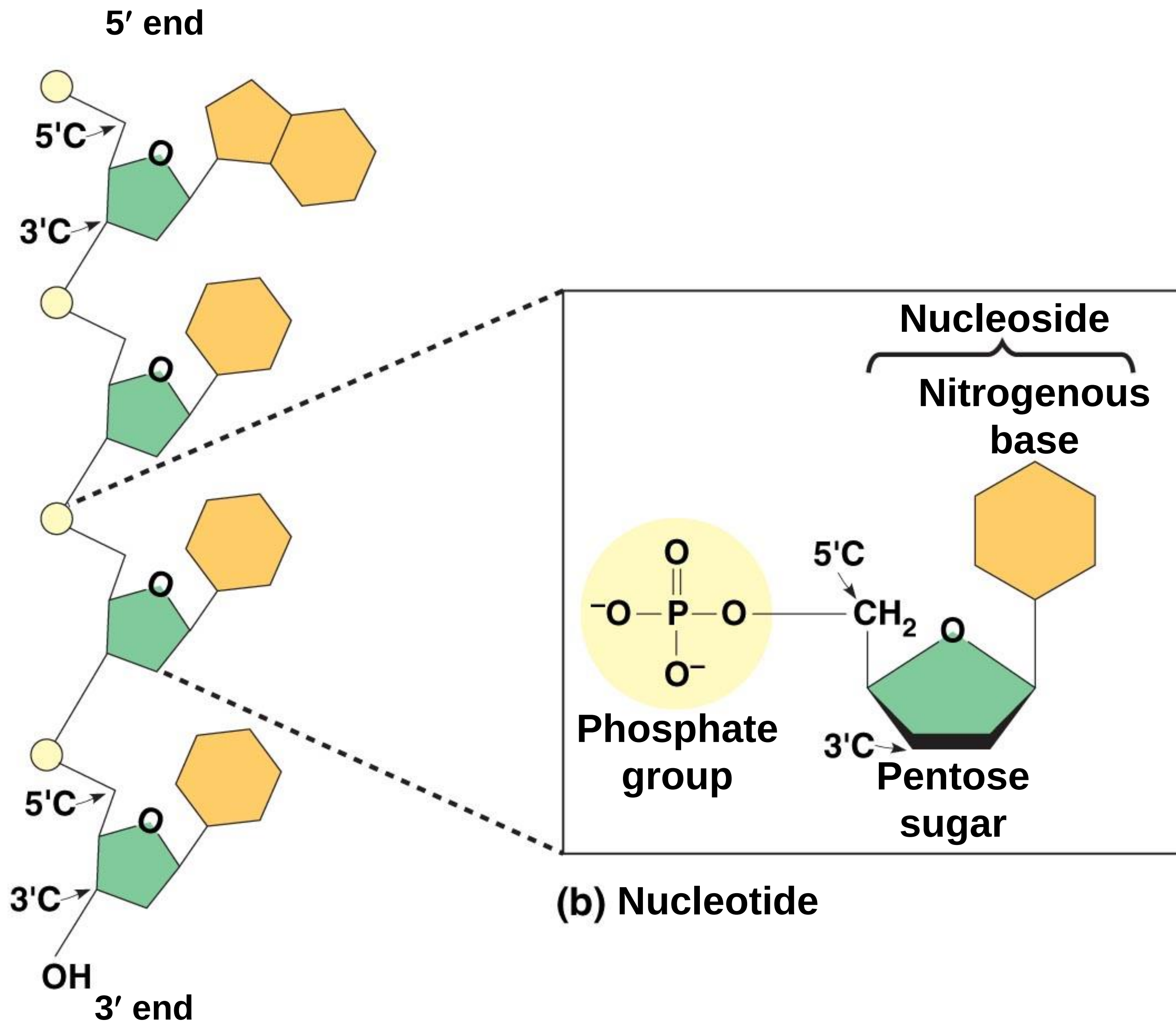
- Existen dos tipos de ácidos nucleicos :
  - Acido desoxirribonucleico (**DNA**)
  - Acido ribonucleico (**RNA**)
- El **DNA** provee instrucciones para su propia replicación
- El DNA dirige la síntesis de RNA mensajero (**mRNA**) y, a través del **mRNA**, controla la síntesis de **proteinas**
- La síntesis de proteinas ocurre en los ribosomas


DNA
1 Synthesis of mRNA in the nucleus
mRNA
NUCLEUS
CYTOPLASM
mRNA
2 Movement of mRNA into cytoplasm via nuclear pore
Ribosome
3 Synthesis of protein
Amino acids
Polypeptide

La estructura de los Acidos Nucleicos

- Los **ácidos nucleicos** son polímeros denominados **polinucleótidos**
- Cada **polinucleótido** está formado por monómeros llamados **nucleótidos**
- Cada **nucleótido** en un polinucleótido consiste en una **base nitrogenada**, un azúcar **pentosa** , y un grupo **fosfato**
- La porción de un **nucleótido** **<u>sin</u>** el grupo fosfato se denomina **nucleo*sido***

LE 5-26a



(a) Polynucleotide, or nucleic acid

(b) Nucleotide

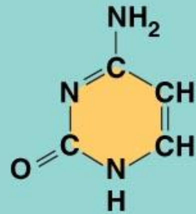
Nucleótidos

- Los **nucleótidos** estan formados por **nucleosidos** y **grupos fosfato**
- **Nucleosido** = base nitrogenada + azúcar pentosa
- Existen dos familias de bases nitrogenadas :
  - Las **Pirimidinas** poseen **un anillo de 6 átomos**
  - Las **Purinas** poseen **un anillo de 6 átomos** unido a **un anillo de 5 átomos**
- En el **DNA**, el azúcar pentosa es la **desoxirribosa**
- En el **RNA**, la pentosa es la **ribosa**

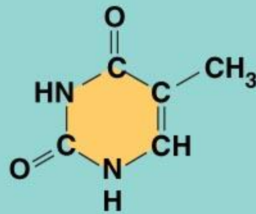
LE 5-26b

Nitrogenous bases

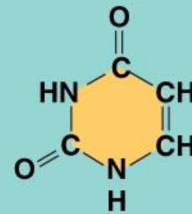
Pyrimidines



Cytosine
C

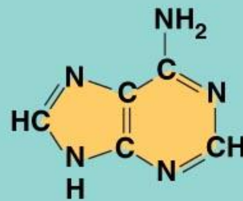


Thymine (in DNA)
T

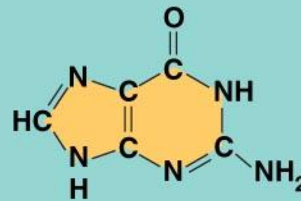


Uracil (in RNA)
U

Purines

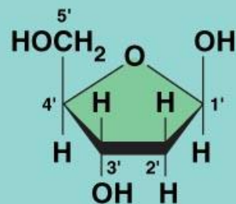


Adenine
A

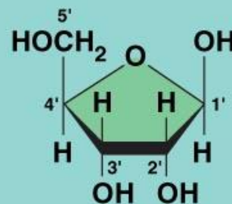


Guanine
G

Pentose sugars



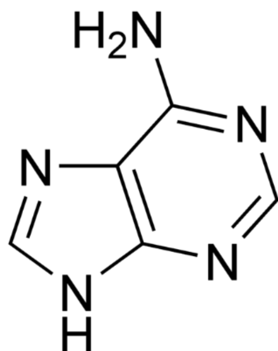
Deoxyribose (in DNA)



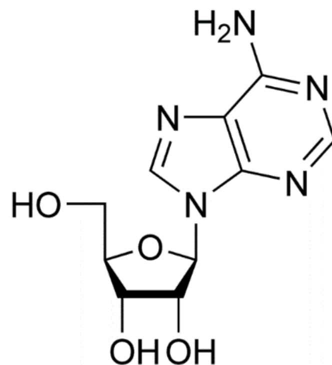
Ribose (in RNA)

(c) Nucleoside components

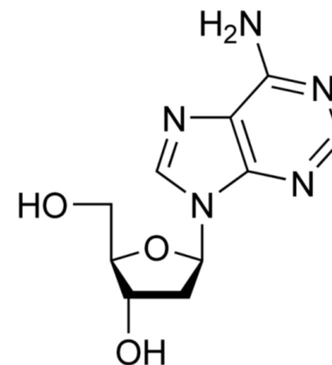
A



H_2N
N
N
N
N
H

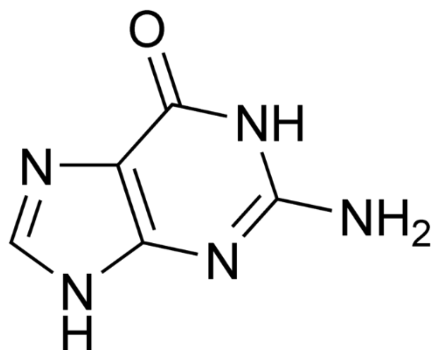


H_2N
N
N
N
N
HO
O
OH
OH

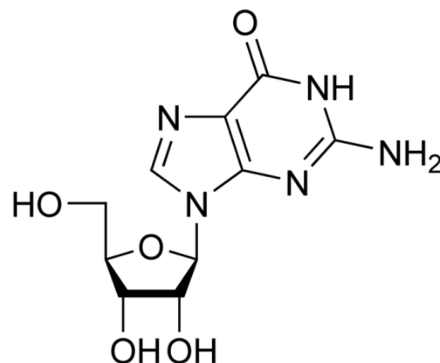


H_2N
N
N
N
N
HO
O
OH

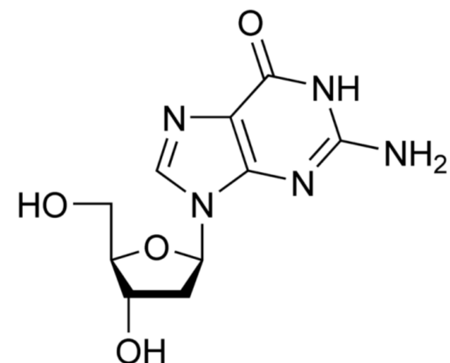
G



O
NH
N
NH_2
N
N
H

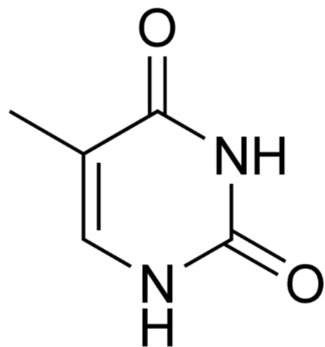


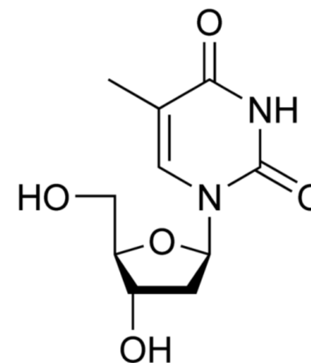
O
NH
N
NH_2
N
N
HO
O
OH
OH



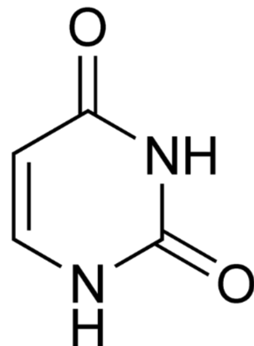
O
NH
N
NH_2
N
N
HO
O
OH

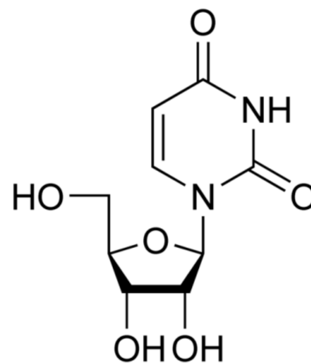
T


O
NH
N
H
O

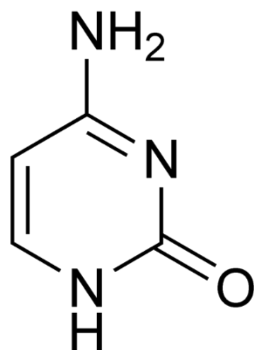

O
NH
HO
N
O
O
OH

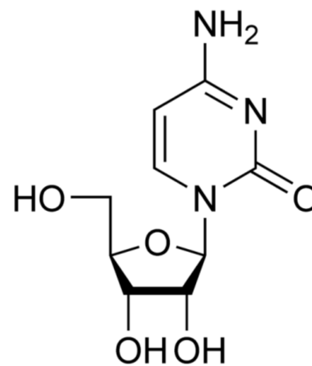
U

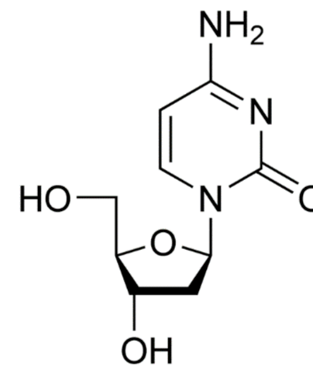

O
NH
N
H
O

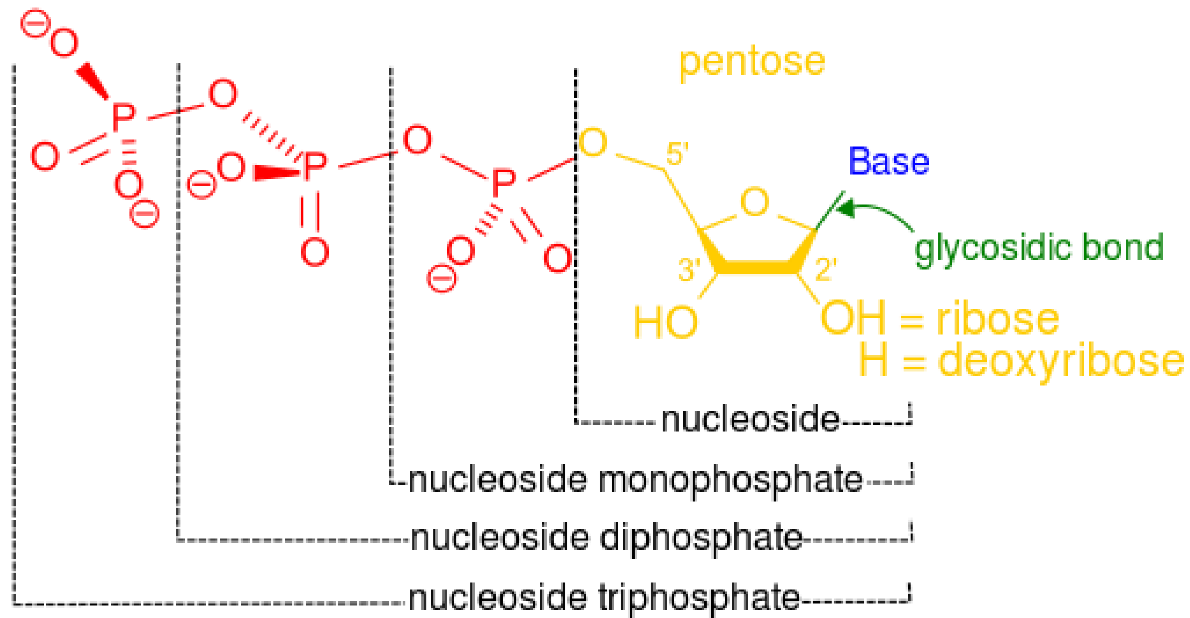

O
NH
HO
N
O
O
OH
OH

C

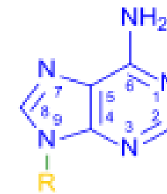

NH2
N
N
H
O


NH2
N
HO
N
O
O
OH
OH

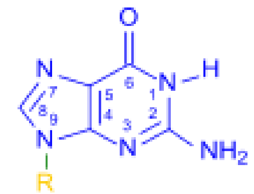

NH2
N
HO
N
O
O
OH



Purines

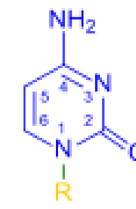


Adenine

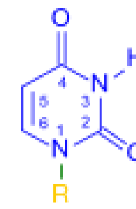


Guanine

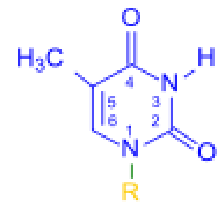
Pyrimidines



Cytosine



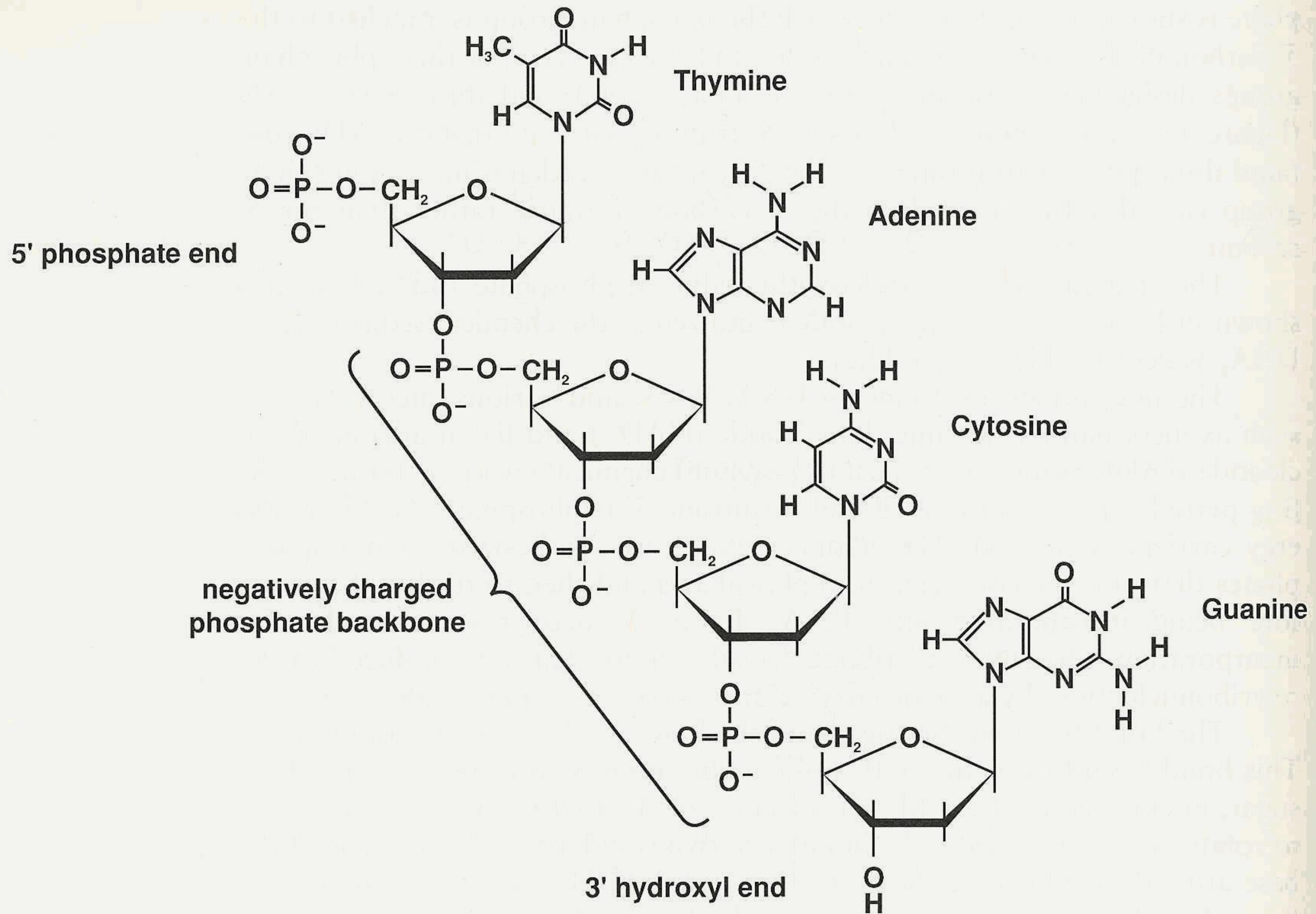
Uracil



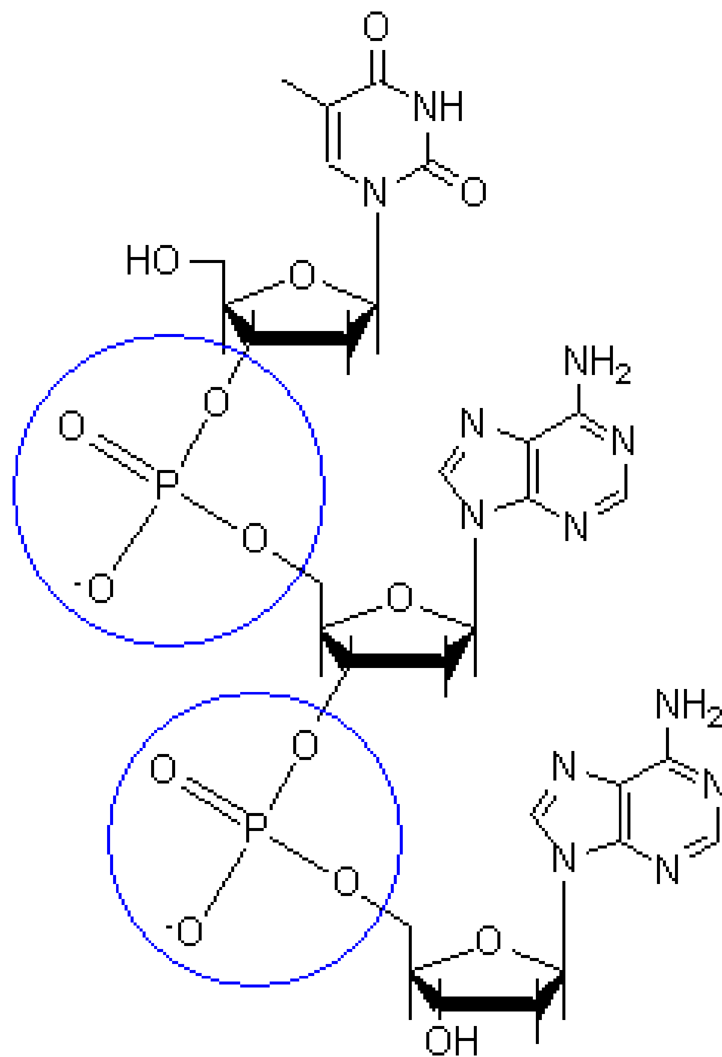
Thymine

Polímeros de Nucleótidos

- Los **nucleótidos** están unidos formando un **polinucleótido**
- Nucleótidos adyacentes están unidos por uniones covalentes que se forman entre el grupo **–OH** en el **C3´** de un **nucleótido** y el **fosfato** en el **C5´** del **nucleótido** siguiente
- Estas uniones crean el **esqueleto de pentosa-fostato** con bases nitrogenadas como apéndices
- La **secuencia de bases** a lo largo del **DNA** o **mRNA** es **única** para cada **gen**

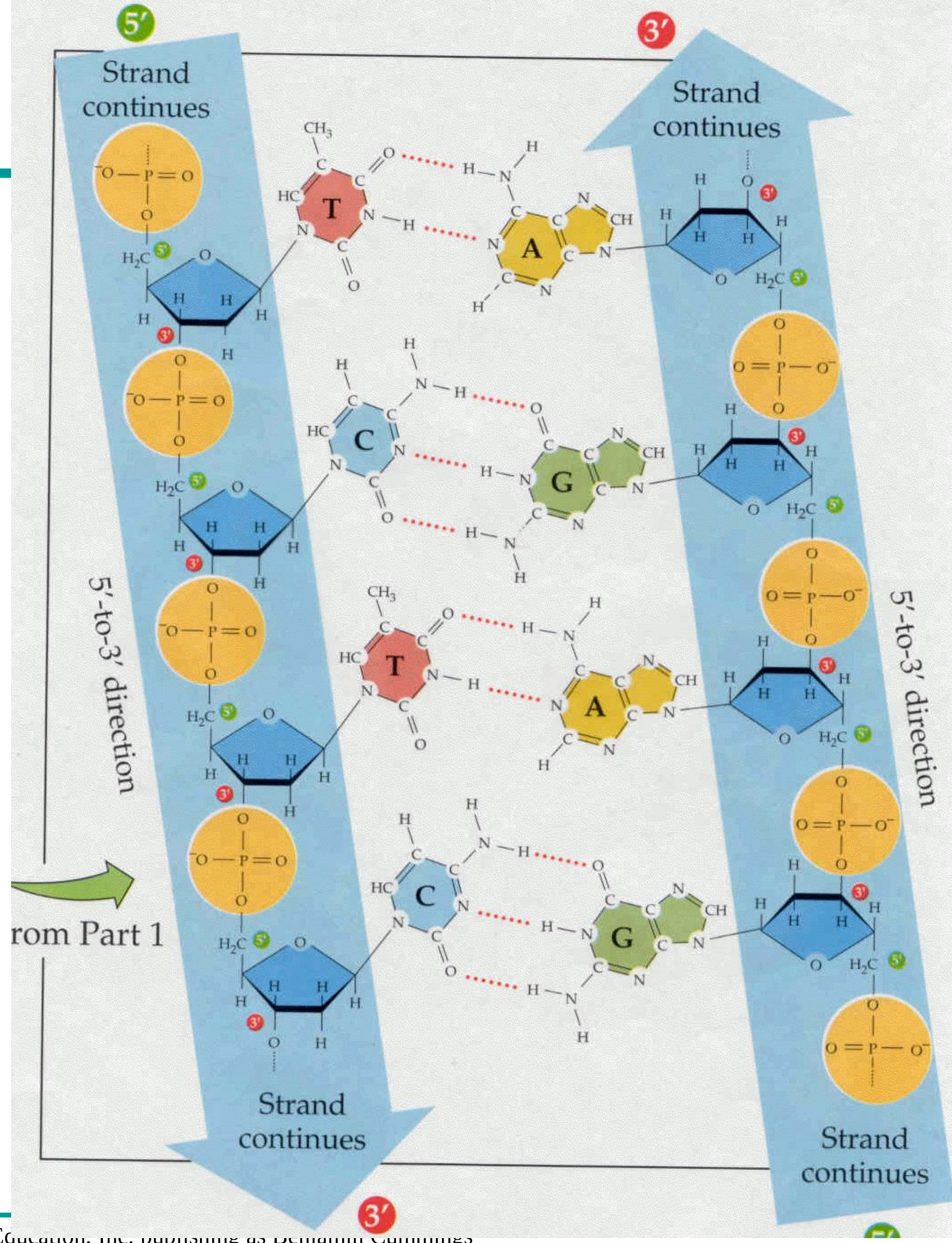


Thymine
Adenine
Cytosine
Guanine
5' phosphate end
negatively charged
phosphate backbone
3' hydroxyl end

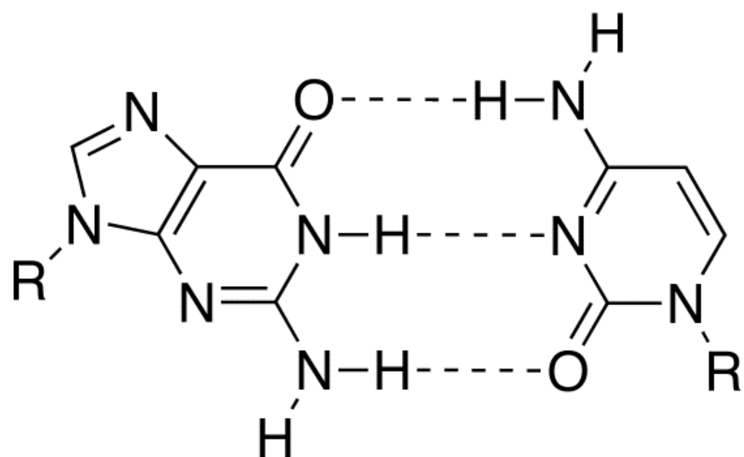

O
NH
N
O
HO
O
O
O
P
O
-O
NH2
N
N
N
N
O
O
O
P
O
-O
NH2
N
N
N
N
O
OH

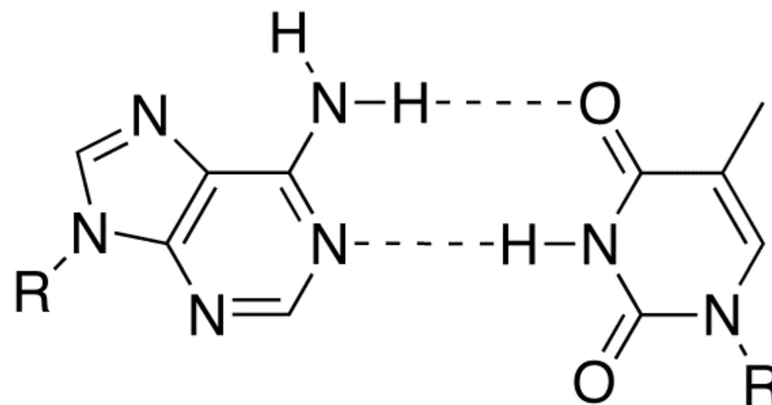
La doble hélice del DNA

- Una molécula de **DNA** está formada por **dos polinucleótidos** enrrollados alrededor de un eje imaginario, formando una **doble hélice**
- En la **doble hélice de DNA**, los dos esqueletos corren en direcciones **5´ a 3´** opuestas uno respecto del otro, en un ordenamiento denominado **antiparalelo**
- Una **molécula de DNA** incluye a **muchos genes**
- Las **bases nitrogenadas** en el **DNA** forman **puentes de H** en una forma **complementaria**: **A** siempre con **T**, y **G** siempre con **C**

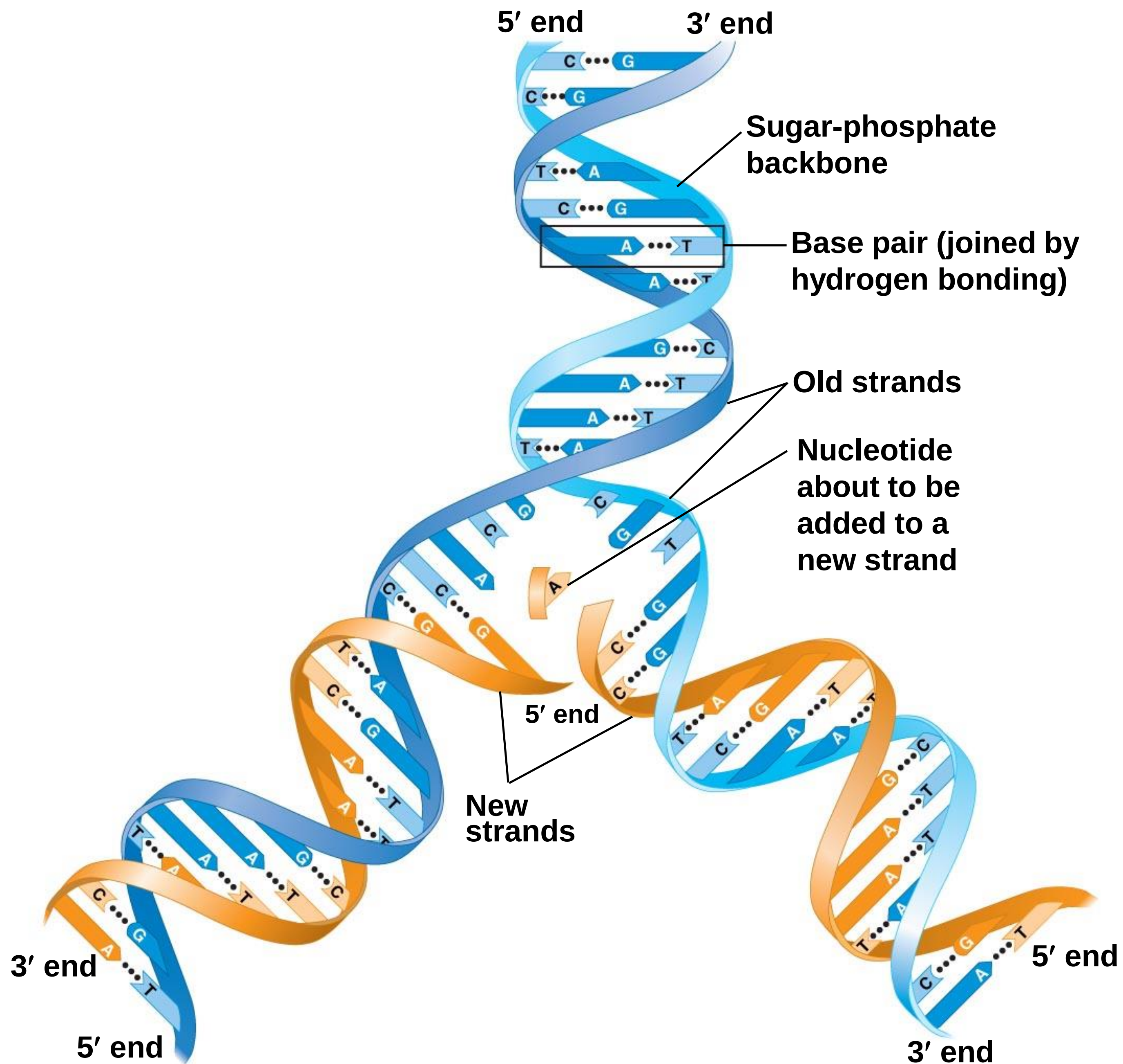


5′
3′
Strand continues
Strand continues
T
A
C
G
T
A
C
G
5′-to-3′ direction
5′-to-3′ direction
rom Part 1
Strand continues
Strand continues
3′


H
N
O
H
N
N
H
N
N
N
N
H
N
O
R
N
H
N
H
O
R
H
Guanine
Cytosine

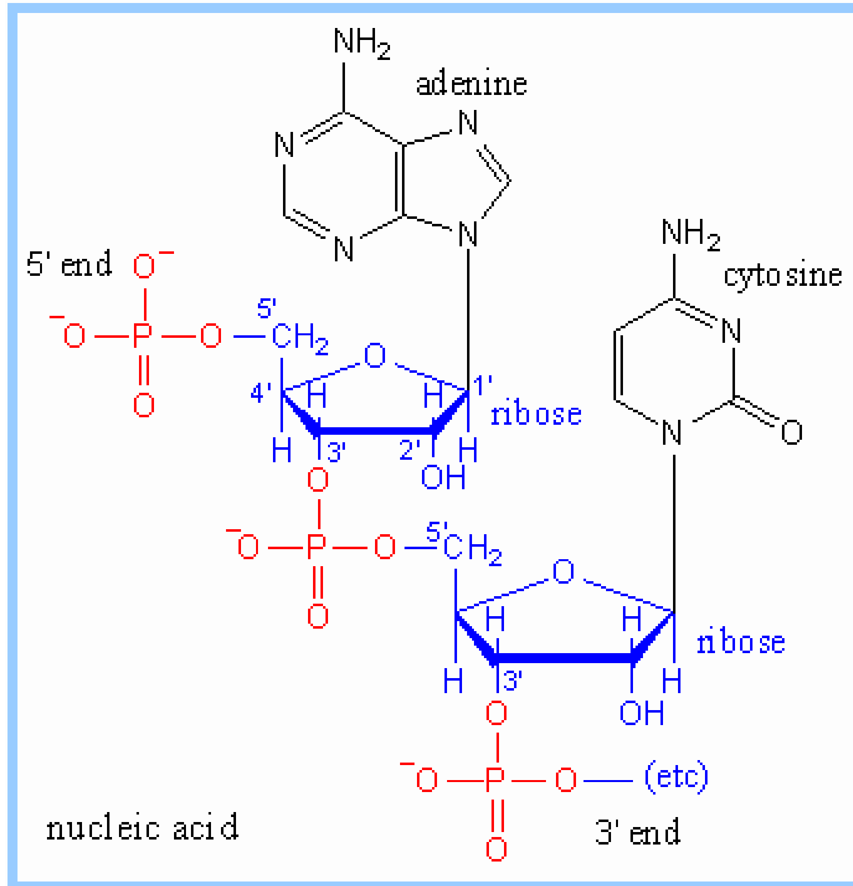

H
N
H
O
N
N
N
H
N
R
N
N
N
O
R
Adenine
Thymine

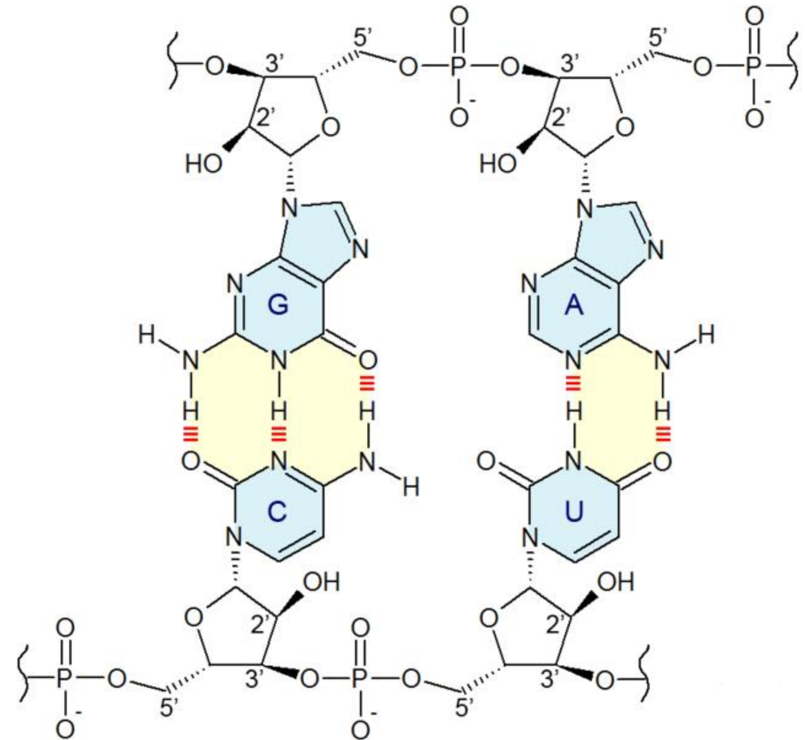
LE 5-27

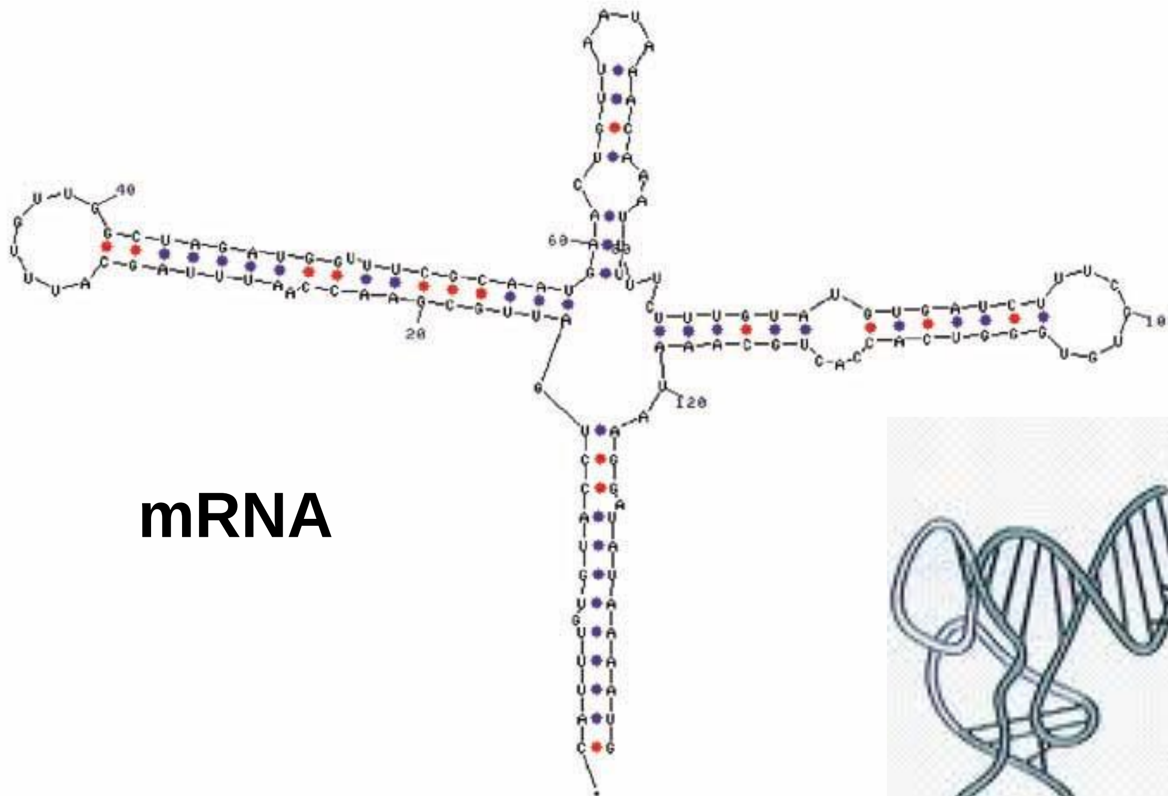


5′ end
3′ end
Sugar-phosphate backbone
Base pair (joined by hydrogen bonding)
Old strands
Nucleotide about to be added to a new strand
5′ end
New strands
3′ end
5′ end
5′ end
3′ end

RNA

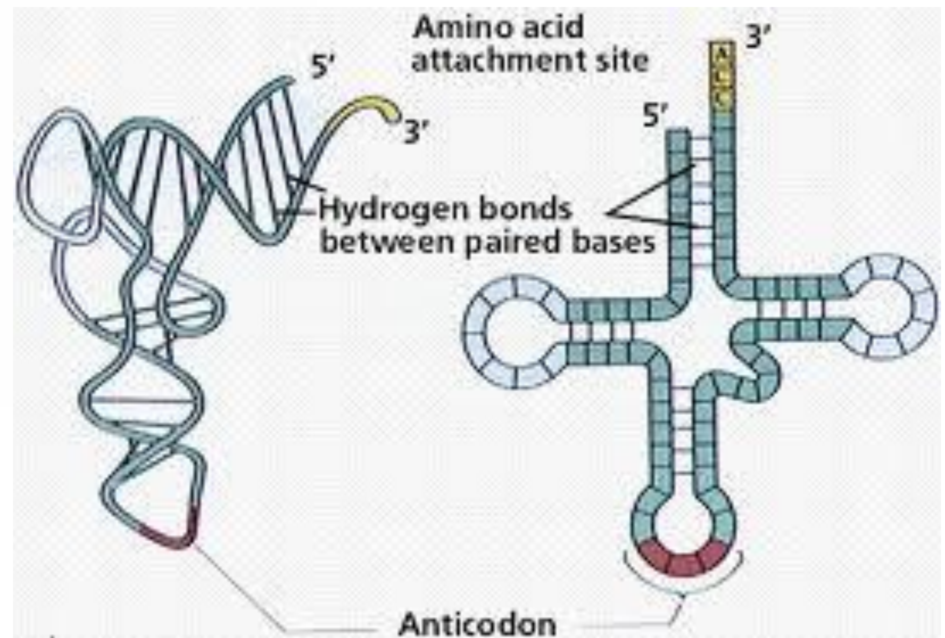

NH2
adenine
N
N
N
N
5' end
O−
−O
P
O
5'
CH2
O
O
4'
H
H
1'
ribose
H
3'
2'
H
OH
NH2
cytosine
N
N
O
O
−O
P
O
5'
CH2
O
O
H
H
ribose
H
3'
H
OH
O
−O
P
O
(etc)
O
nucleic acid
3' end


5'
3'
2'
HO
G
A
C
U
OH
2'
3'
5'



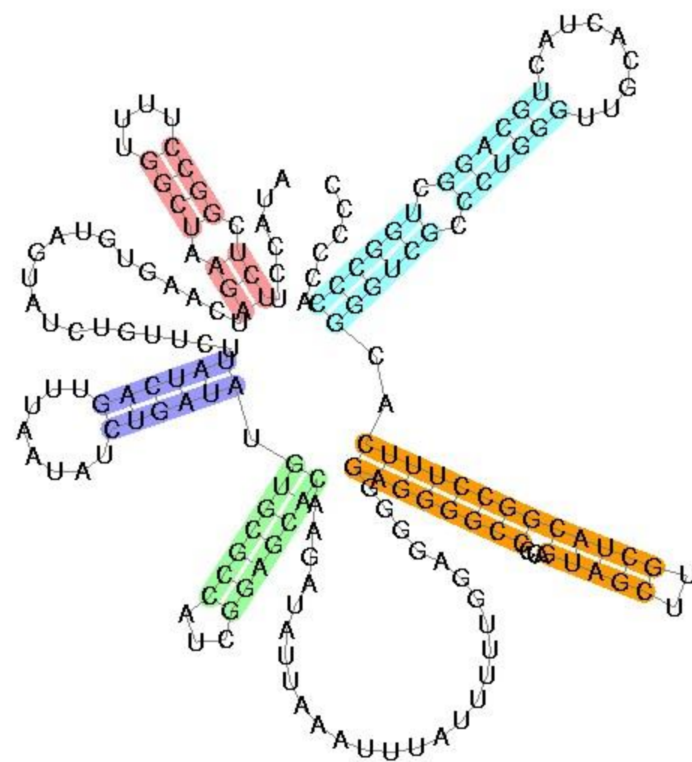
mRNA

tRNA


Amino acid attachment site
5′
3′
5′
3′
A
C
C
Hydrogen bonds between paired bases
Anticodon

685r
1100r
1114f
530f
519r
907r
926f
27f
1392r
1406f
342r
357f
5'
1492r
1525r
110r
3'

rRNA



snRNA

El DNA y las Proteínas como registro de la Evolución

- La **secuencia** lineal de **nucleótidos** en las moléculas de **DNA** son pasadas de los **padres** a la **descendencia**
- Dos especies cercanamente emparentadas son más similares en su secuencia de **DNA** que especies más distantemente relacionadas
- La biología molecular puede ser utilizada para estudiar relaciones evolutivas